

*Donella MEADOWS
Jorgen RANDERS
Dennis MEADOWS*

Limits to Growth

The 30-Year Update

Chelsea Green Publishing Company White River
Junction, Vermont

Донелла МЕДОУЗ Йорген РАНДЕРС Деннис МЕДОУЗ



Пределы

роста

30 лет спустя

Допущено УМО по классическому университетскому образованию в качестве учебного пособия по дисциплине вузовского компонента для студентов, обучающихся по специальностям 020801 (013100) «Экология», 020802 (013400) «Природопользование» и по направлению 020800 (511100) «Экология и природопользование»

А

МОСКВА

ИКЦ «АКАДЕМКНИГА» 2007

УДК 574 ББК 28.08 М42

Донелла Медоуз, Йорген Рандерс, Деннис Медоуз

Пределы роста. 30 лет спустя/ Пер. с англ. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. — 342 с.: ил.

ISBN 978-5-94628-218-5

Третье издание монографии — это продолжение книг «Пределы роста» и «За пределами роста», первая из которых вышла в 1972 году и стала международным бестселлером. В книге отражены результаты дальнейших исследований авторов и анализ произошедшего в области защиты окружающей среды, экономики, социальной психологии за 30 лет после выхода первого издания.

Рекомендована специалистам, принимающим решения в сфере хозяйственной деятельности и государственного управления, и может быть полезна широкому кругу читателей, интересующихся вопросами охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

ISBN 1-931498-58-X (англ.) © Деннис Медоуз, 2004

ISBN 978-5-94628-218-5 (рус.) © Е.С. Оганесян (пер. на рус. язык), 2007

© ИКЦ «Академкнига», 2007

Содержание

К читателям	6
Предисловие к русскому изданию	8
Специальное предисловие	12
Благодарности	14
От авторов	15
1. Выход за пределы	30
2. Движущая сила — экспоненциальный рост	45
3. Пределы: источники и стоки	78
4. Модель World3: динамика роста в конечном мире	153
5. Возвращение к устойчивому состоянию: озоновая история	204
6. Технология, рынок и выход за пределы	226
7. Переход к устойчивой системе	259
8. Средство для перехода к устойчивому развитию	286
Приложения	
1. Изменения от модели Wooid3KWorld3-03	305
2. Показатели благосостояния человека и его воздействия на окружающую среду	310
Примечания	315
Перечень таблиц и рисунков с указанием их источников	332

К читателям

Есть книги, которые не стареют, сколько бы времени не прошло с момента их выхода в свет. Из художественной литературы — это те, что запали в душу. Из публицистики — те, которые тонко и умело прикоснулись к острым проблемам общественной жизни. Из научных работ не теряют своей актуальности те, которые будоражат пытливым ум, интересующийся и жаждущий новых знаний. Одну из таких книг вы держите в руках.

Многие познакомились с ней еще в прошлом веке, но большинство узнают сейчас. Этим я особенно завидую, как завидуют возможности приобщения к выдающимся плодам человеческого ума.

Я вижу смысл книги в призыве отвечать на вызовы времени осознанно и вместе с тем твердо, настойчиво, агрессивно, противодействуя возможным угрозам.

По странному, а, возможно, и знаменательному совпадению работа над изданием русского перевода книги началась в тот момент, когда президент России призывал своих коллег по «восьмерке» выстроить согласованную энергетическую стратегию.

В этом же ряду существует еще один значимый документ — Киотский протокол, само появление которого свидетельствует о понимании реальности угроз, которые сыпятся на нас буквально с неба.

Адептам мировых кризисов не нужны прогнозы, они черпают вдохновение в разрушающей силе смены эпох, концепций и всего другого, что составляет неотъемлемую часть развития, и даже предвкушают их наступление. Но когда эти кризисы приобретают общемировой характер, я думаю, энтузиазм сторонников моделей случайных воздействий на мир должен поубавиться. По существу, данная книга первая объявила наступление эпохи глобализации экономики.

Деннис Медоуз с коллегами доказали, что прогностика — точная наука. Сейчас, когда прошло тридцать лет со времени выдвижения первых гипотез (тогда многие утверждения авторов выглядели именно как гипотезы), мы видим, что собранные в единое целое довольно противоречивые тенденции стали факторами, во многом определяющими сегодняшнюю жизнь.

Если учесть, как за эти тридцать лет увеличился объем и качественно усложнились информационные потоки, основные формулировки первой книги поражают своей точностью.

Август 2006г.

Выход на русском языке книги Д. Медоуза с соавторами лишний раз доказывает, что мы разделяем стремление к решению самой простой жизненной задачи: сделать жизнь лучше сегодня, чтобы дать возможность улучшить ее и в будущем.

В. Евтушенко

Предисловие к русскому изданию

В 1970 году Римский клуб по совету известного специалиста в области системной динамики профессора Джея У. Форрестера предложил Деннису Л. Медоузу, тогда еще совершенно неизвестному двадцатипятилетнему ассистенту Массачусетского технологического института, возглавить группу по разработке модели мирового развития. Эта модель должна была показать, что произойдет в мире, если сохранятся существовавшие на тот момент времени тенденции роста населения, промышленного и сельскохозяйственного производства, нерационального использования невозобновимых природных ресурсов, загрязнения окружающей природной среды. Д. Медоуз с блеском, энтузиазмом и исключительной преданностью делу решил поставленную перед ним задачу, возглавив в качестве научного и административного руководителя многонациональную группу молодых ученых, и уже через 21 месяц, 13 марта 1972 года, в Вашингтоне в Смитсоновском институте был впервые представлен их коллективный труд «Пределы роста. Доклад Римскому клубу».

Выводы, сделанные авторами, заставляли задуматься о будущем Земли. По прогнозу Д. Медоуза и его коллег, человечество уверенно шло навстречу катастрофе, избежать которую было невозможно, только приняв меры по ограничению и регулированию роста производства и изменению критериев прогресса. Книга предупреждала о том, что материальный рост не может продолжаться до бесконечности на физически конечной планете, и требовала отказаться от повышения количества (роста) в пользу качества (развития). Публика приняла книгу, и в течение короткого времени она разошлась тиражом около 4 млн экземпляров. Широкое внимание к этим противоречивым результатам стимулировало также более дюжины других попыток глобального моделирования. В дальнейшем книга была переведена более чем на

35 языков. И здесь надо с великим огорчением добавить, что на русский язык «Пределы роста» была переведена впервые в **1991** году. Ее издание в Советском Союзе не состоялось лишь потому, что основные идеи не отвечали официальной идеологии тех лет.

В 1992 году, в 20-ю годовщину первой публикации, три соавтора (исключая Уильяма Беренса III) представляют публике новую работу «За пределами роста». Они изучили статистические данные по основным глобальным тенденциям за период с 1972 г. по 1992г. и сравнили эти данные с прогнозами, сделанными при помощи модели «Мир 3» (World 3) в 1972 году. Были обнаружены весьма незначительные расхождения, которые потребовали всего лишь восьми небольших изменений в сотнях уравнений и коэффициентах первоначальной модели.

«За пределами роста», изданная на русском языке в 1994 году, — это, конечно, развитие и продолжение идеи останковки материального роста и перехода к устойчивому обществу. Так же как когда-то сначала аграрная, а потом промышленная революции изменили направленность вектора развития человеческой цивилизации, так и сейчас, по глубокому убеждению авторов, человечество ожидает Экологическая революция, которая должна изменить приоритеты и ценностные ориентиры.

Но есть очень важные различия в этих трех революциях: если первая, аграрная, длилась тысячи лет, вторая, промышленная, — сотни лет, то для Экологической революции при том экспоненциальном росте, который наблюдается сейчас, человечеству отпущены всего какие-нибудь десятки лет, то есть жизнь двух-трех поколений людей. У человечества в запасе очень мало времени, и чем скорее это будет понято, тем меньше вероятность выйти за пределы устойчивости систем поддержания жизни на нашей планете.

Авторы не только снова подтвердили выводы о том, что тенденции современного экономического и популяционного роста — это путь, ведущий к коллапсу, но и показали возможности для человечества, не останавливая экономическое развитие и не снижая уровень жизни в развитых странах, перейти к модели устойчивого развития.

Основные идеи, сформулированные авторами, оказали несомненное влияние на осознание гражданами и правительствами стран мира неотложности изменения жизненной парадигмы.

В «Повестке дня на 21 век», принятой в 1992 году в Рио-де-Жанейро на Конференции ООН по окружающей среде и развитию, намечены общие линии стратегии. Было рекомендовано разработать планы действий по переходу к устойчивому развитию на всех уровнях. Обсуждение было продолжено в Йоханнесбурге в 2002 году во время Всемирного саммита по устойчивому развитию (Йоханнесбург, 2002 год). Принятые на нем документы призваны определить глобальные тенденции развития человечества в 21 веке.

Сегодня мы с удовольствием представляем третью книгу тех же авторов (к сожалению, увидевшую свет уже после безвременной кончины Донеллы Медоуз и посвященную ее памяти)— «Пределы роста. Тридцать лет спустя». Уже из названия понятно, что книга о том же, только спустя 30 лет. Какие из выводов, к которым пришли авторы тогда, подтвердились и сейчас, и в какой степени? Что нового внесла жизнь в развитие нашей цивилизации за 30 лет? Изменились ли тенденции в использовании природных ресурсов и отношение человечества к своей планете? Как сосуществуют и взаимодействуют три основные социоэкономические системы — аграрная, индустриальная и постиндустриальная (информационная)?

Авторы подчеркивают, что человечество уже превысило по некоторым параметрам пределы устойчивости биосферы и что только очень разумная политика может уменьшить негативные последствия для общества и окружающей природной среды. По мнению авторов, всем обитателям планеты следует задумываться об отдаленных последствиях собственных действий и решений, которые к этим действиям приводят. И, наконец, книга знакомит новое поколение читателей, и, особенно, студентов, исследователей и профессиональных разработчиков стратегий, с моделью «Мир 3».

Она, как и другие серьезные компьютерные модели, создана для неточного, зависящего от условий, предсказания режимов динамического поведения, что, как указывает Д. Медоуз, обусловлено тремя причинами.

Во-первых, социальные системы в абсолютном смысле слова непредсказуемы по своей сущности. Поскольку любое предсказание по поводу будущего социальной системы оказывает влияние на социальную политику, оно само по себе может изменить поведение системы. Это явление известно как «самоосуществляемое или самопроверяемое предсказание».

Во-вторых, неполное понимание причинно-следственных связей в

социальных, политических и других системах в совокупности с неполнотой и неточностью данных делает невозможным создание точных моделей.

В-третьих, модели могут приносить пользу, только если они являются упрощением реальности. Но как только модель опускает детали реальной системы, она может дать только неполную картину поведения. Тем не менее, однако, условные, неточные предсказания режимов динамического поведения могут быть весьма полезны лицам, принимающим решения, тем, кто на самом деле озабочен важными долгосрочными проблемами и хочет создать эффективные стратегии управления.

Профессор Д.Медоуз широко известен в России, созданные им на базе модели «Мир 3» обучающие игры используются в сотнях общеобразовательных школ и десятках университетов. Лекции Д. Медоуза, неоднократно посещавшего за последние годы нашу страну, неизменно собирают огромные аудитории.

Книга «Пределы роста. Тридцать лет спустя», без сомнения, обретет своего заинтересованного российского читателя, так как помогает увидеть планету в целом, почувствовать ответственность не только за ныне живущие, но и за будущие поколения. Член-корреспондент РАН профессор Г. А. Ягодин Член-корреспондент РАН профессор Н.П.Тарасова

Специальное предисловие

Я рад, что эта книга может быть опубликована на русском языке, поскольку россияне самым непосредственным образом участвовали в нашем проекте с момента его начала более чем 35 лет назад. Джермен Гвишиани был одним из учредителей Римского клуба, сформулировавшего задачу и оказавшего первоначальную финансовую поддержку нашему исследованию, выполненному в Массачусетском технологическом институте в 1970—72 гг. При содействии Моссовета Д. Гвишиани организовал и провел зимой 1970 г. в Москве научный семинар, сыгравший важную роль в первичном анализе результатов исследования и их представлении общественности. Когда была опубликована первая книга, ее сам-издатовская версия широко разошлась по Советскому Союзу. Я получил много важных критических замечаний и пожеланий от советских ученых и политиков, прочитавших это издание.

Благодаря таким первоначальным контактам позже я в период 1979—1990 гг. имел возможность приезжать в Москву несколько десятков раз. В это время я познакомился с Геннадием Ягодиным, и мы вместе работали над развитием сотрудничества между преподавателями советских и американских университетов, закладывавшими основы экологического образования. Геннадий в то время занимал пост Министра образования СССР, и по его инициативе по всей стране были проведены семинары, на которых я продемонстрировал две разработанные мною образовательные игры, моделировавшие проблемы пределов роста. В 1992 г. Геннадий организовал перевод и публикацию на русском языке нашей второй книги. Дружеские отношения и научные контакты, сложившиеся в те годы, до настоящего времени профессионально важны для меня. Особо хотелось бы отметить мое научное и образовательное сотрудничество с профессором Наталией Тарасовой, ныне директором Института химии и проблем устойчивого развития Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

Сейчас выходит третье издание нашего доклада Римскому клубу. Обратите внимание на тот факт, что мы не изменили своих прогнозов. Мы только обновили данные и для подтверждения наших первоначальных выводов включили в книгу результаты многочисленных международных исследований, проведенных за прошедшее десятилетие.

На основании наших исследований мы по-прежнему делаем выводы о том, что еще в первой половине текущего столетия существующие социально-экономические и политические тенденции приведут к разрушению основ индустриального общества, если не будут осуществлены значительные изменения. В 1972 г. мы отводили на смену курса 50 лет, но теперь время ждалось, а политики все еще пытаются идти проторенной дорогой. Глобальные проблемы изменения климата, истощение ресурсов

нефти, деградация сельскохозяйственных земель, дефицит пресной воды и их последствия уже проявились или проявятся в течение нескольких ближайших десятилетий. Еще не поздно перейти на путь устойчивого развития. Однако многие важные возможности были утрачены из-за 35-летнего отрицания очевидных фактов.

Россия занимает особое место по отношению к перечисленным проблемам. Это страна, чья подпись привела в действие Киотский протокол. Россия до сих пор обладает богатыми природными ресурсами, по крайней мере, в сравнении с другими промышленно развитыми странами. Крах старой системы в 1990-х гг. дал возможность гражданам переосмыслить цели развития и инвестиционные стратегии. Поэтому у России немного больше времени для подготовки к переменам. Удастся ли ей их совершить? Не знаю. Но я на это надеюсь. Успех частично зависит и от того, как вы, мои дорогие читатели, воспримете эту книгу.

Деннис Медоуз Вена, 2 ноября 2006 года

Благодарности

За прошедшие тридцать лет множество людей и организаций помогли нам в наших усилиях определить, как пределы материального роста влияют на будущее всего мира. Мы посвящаем эту книгу тем людям, чей вклад был основополагающим - их трое:

Аурелио Печчеи (Aurelio Peccei), основатель Римского клуба. Его глубокая озабоченность судьбой мира и искренняя вера в человеческие качества заставили нас и многих других задуматься над тем, что ждет нас в далеком будущем.

Джей Форрестер (Jay W. Forrester), заслуженный профессор Слоуновской школы менеджмента (Sloan School of Management) Массачусетского технологического института и наш учитель. Он создал прототип компьютерной модели, которую мы использовали в работе, а его глубокое знание системного анализа помогло нам понять поведение экономических и экологических систем.

С сердечной болью и грустью мы посвящаем эту книгу ее основному автору, Донелле Медоуз (Donella H. Meadows). Все мы называли ее просто Дана, уважали и ценили ее труд. Для нас она была мозговым центром, отличным писателем и генератором идей. Ее высокие стандарты этики, работы и общения продолжают вдохновлять нас и многих других, и это заставляет нас продолжать работу. Большинство обзорных глав и основной текст книги написаны Даной, хотя материалы были дополнены после ее кончины в феврале 2001 года. Этим изданием мы хотим выразить уважение ее неустанным усилиям по распространению идей устойчивого развития среди всех жителей нашей планеты.

От авторов С чего все началось

Книга «Пределы роста. 30 лет спустя» — третье издание нашей работы, впервые опубликованной в 1972 году¹. В 1992 г. мы выпустили пересмотренное и дополненное издание под названием «За пределами роста»², в котором сценарии из первой книги сравнивались с изменениями, произошедшими в мире за 20 лет. Теперь же, спустя 30 лет, третье издание содержит основные положения нашего первого исследования, дополненные важными данными и выводами, которые нам удалось собрать уже за три десятилетия.

Книга «Пределы роста» была результатом исследования, проведенного отделом системной динамики в Слоуновской школе менеджмента Массачусетского технологического института (МТИ) в 1970-1972 гг. Чтобы проанализировать причины и следствия роста населения и материального потребления в долговременной перспективе, исследовательская группа использовала теорию системной динамики и компьютерное моделирование. Мы ставили перед собой вопросы: К чему приведут человечество существующие тенденции — к устойчивому будущему или к глобальной катастрофе? Что можно сделать для того, чтобы создать экономику, обеспечивающую всем необходимым всех людей на планете?

Изучить эти вопросы нам поручил Римский клуб — неправительственная международная группа выдающихся бизнесменов, политических деятелей и ученых. Работа финансировалась немецким Фондом «Фольксваген».

Деннис Медоуз, в то время сотрудник факультета в МТИ, собрал группу специалистов и руководил ею в течение тех двух лет, пока шло первичное исследование.

Элисон А. Андерсон (Alison A. Anderson), доктор философии, США

Ильяс Байяр (Uyas Bayar), Турция

Фархад Хакимзаде (Farhad Hakimzadeh), Иран

Джудит А. Мэчен (Judith A. Machen), США

Донелла Х. Медоуз (Donella H. Meadows), доктор философии, США

Нирмала С. Мерфи (Nirmala S. Murthy), Индия

Йоргеи Рапдс (Jorgen Randers), доктор философии, Норвегия

Джон А. Свигер (John A. Seeger), доктор философии, США

Эрих К.О. Зан (Erich K.O. Zahn), доктор философии, Германия

Джей М. Андерсон (Jey M. Anderson), доктор философии, США

Вильям В. Беренс III (William W. Behrens III), доктор философии, США

Штеффан Хардборд (Steffen Hardbordt), доктор философии, Германия

Петер Миллинг (Peter Milling), доктор философии, Германия

Роджер Ф. Найль (Roger F. Naill), доктор философии, США

Стефен Шантцис (Stephen Schantzis), США

Мэрилин Вильямс (Marilyn Williams), США

Основой нашей работы стала компьютерная модель World3, в которой мы объединили статистические данные и различные теории роста³. Она позволила получить возможные сценарии развития мира. В первой книге, «Пределы роста», мы описали и проанализировали 12 сценариев этой модели, которые иллюстрировали возможные перспективы развития мира на протяжении двух столетий, с 1900 по 2100 гг. В книге «За пределами роста» представлено 14 сценариев, полученных с помощью слегка обновленной версии модели World3.

В некоторых странах книга «Пределы роста» стала бестселлером, со временем ее перевели почти на тридцать языков. Книга «За пределами роста» сразу же выходила на разных языках, ее широко используют в университетах в качестве учебного пособия.

1972 год: Пределы роста

В «Пределах роста» мы пришли к выводу о том, что воздействие на окружающую среду в масштабах земного шара (расходование природных ресурсов и выбросы загрязнений) сильно скажется на развитии мира в XXI в. «Пределы роста» предупреждали, что человечеству придется направлять больше усилий и капитала на то, чтобы бороться с ухудшением состояния окружающей среды. Возможно, настолько больше, что в один прекрасный день XXI в. это приведет к снижению уровня жизни. Книга не уточняла, какой именно ресурс истощится первым или какой именно вид выбросов положит конец росту в тот момент, когда в борьбу с последствиями потребуется вкладывать больше средств, чем это физически возможно. В большой и сложной системе, учитывающей численность населения, экологические и экономические факторы, просто невозможно давать детальные прогнозы, не погрешив против научного подхода.

В книге «Пределы роста» мы выражали надежду на то, что будут предприняты упреждающие меры, которые позволят избежать роста нагрузки на окружающую среду и выхода за пределы самоподдержания Земли. Это должны быть серьезные, социально направленные меры, основанные на существенных изменениях в технологии, культуре и политике. Хотя глобальная проблематика была отражена со всей серьезностью, в книге мы выражали и надежду на лучшее. Снова и снова мы заостряли внимание на том, что если вовремя принять меры, то каждый из нас может значительно уменьшить вред, наносимый среде из-за приближения или даже превышения глобальных экологических пределов.

Двенадцать сценариев, приведенных в «Пределах роста», показывают, как рост населения и потребления природных ресурсов соотносится с разными пределами. В реальной жизни пределы роста многообразны. В нашем исследовании мы сосредоточились в основном на физических пределах планеты: исчерпаемых природных ресурсах и ограниченной способности Земли поглощать промышленные и сельскохозяйственные

загрязнения. В каждом реально возможном сценарии модели World3 мы обнаруживали, что эти пределы рано или поздно остановят рост в XXI в.

В нашем исследовании не было пределов, возникших внезапно, из ниоткуда. В представленных сценариях рост населения и материального капитала постепенно вынуждает человечество направлять все больше и больше капитала на решение проблем, которые вызваны его же воздействием на среду. Со временем потребуется тратить столько, что поддерживать дальнейший промышленный рост станет невозможно. Когда промышленность приходит в упадок, общество не может поддерживать рост и в других секторах экономики: в производстве продуктов питания, сфере обслуживания и иных областях потребления. Когда останавливается рост в этих секторах, рост населения также прекращается.

Прекращение роста может принимать разные формы. Оно может произойти катастрофически быстро: неконтролируемое уменьшение численности населения одновременно с резким снижением уровня жизни. Сценарии модели World3 предсказывают такую катастрофу не по одной, а по целому ряду причин. Окончание роста может выглядеть и как плавный переход, при котором воздействие человека на окружающую среду приводится в соответствие с поддерживающей способностью планеты. Задавая принципиальные изменения в деятельности человека, мы можем заставить модель World3 создать такой сценарий, в котором окончание роста будет сопровождаться длительным периодом относительно высокого благосостояния.

Конец роста

Прекращение роста, в какой бы форме оно ни происходило, в 1972 г. казалось нам делом отдаленного будущего. Все сценарии модели World3 из книги «Пределы роста» предсказывали продолжение роста населения и капиталов и в 2000 г., и долгое время после него. Даже в самом пессимистичном сценарии материальный уровень жизни продолжал расти до 2015 г. В книге предполагалось, что рост остановится примерно через 50 лет после публикации книги - вполне достаточный срок для того, чтобы хорошо подумать, сделать выбор и принять правильные меры даже в масштабах всего земного шара.

Создавая книгу «Пределы роста», мы очень надеялись, что здоровое размышление позволит обществу сделать верные шаги и снизить вероятность глобальной катастрофы. Мировой кризис — малоприятная перспектива. Упадок экономики и резкое уменьшение численности населения до уровней, которые способна выдержать окружающая среда, обязательно будут сопровождаться ухудшением здоровья людей, конфликтами и столкновениями, разрушением экосистем и вопиющим социальным неравенством. Неконтролируемое уменьшение численности населения будет следствием резкого роста смертности и соответствующего снижения потребления. Вовремя принятые меры позволили бы избежать неконт-

ролируемого упадка. Если с помощью целенаправленных усилий ограничить запросы человечества до уровня, приемлемого для планеты, тогда с последствиями выхода за пределы можно справиться. Необходимо постепенно снизить рождаемость, обеспечить более справедливое распределение материальных благ и за счет этого уменьшить нагрузку на окружающую среду до приемлемого уровня.

Стоит лишний раз повторить, что рост совсем не обязательно ведет к глобальной катастрофе. Кризис наступает только в том случае, если рост привел к выходу за пределы: запросы настолько велики, что ресурсы планеты истощаются, и тогда она уже не в состоянии обеспечить самоподдержание. В 1972 г. казалось, что население и мировая экономика с большим запасом вписываются в пределы емкости планеты. Мы считали, что еще достаточно времени для безопасного продолжения роста и одновременного анализа долгосрочных перспектив. Наверное, в 1972 г. так оно и было, но к 1992 г. все изменилось.

1992 год: За пределами роста

В 1992 г. мы обновили исследование 20-летней давности и опубликовали результаты в книге «За пределами роста». Мы проанализировали развитие мира в период 1970—1990 гг. и внесли эту информацию в обновленную модель World3. Книга «За пределами роста» укрепила первоначальные опасения, в 1992 г. мы убедились, что два прошедших десятилетия только подтвердили выводы, сделанные двадцать лет назад. Однако исследование 1992 г. показало и кое-что новое: мы обнаружили, что человечество уже вышло за пределы самоподдержания Земли. Это было настолько важно, что мы вынесли этот факт в название книги.

Даже в начале 90-х гг. было ясно, что человечество идет туда, где самоподдержание уже невозможно. Например, было установлено, что влажные тропические леса вырубают в недопустимых масштабах; появились заявления о том, что общемировое производство зерна больше не в состоянии поддерживать рост населения; укрепились опасения насчет глобального потепления климата; к этому времени стратосферные озоновые дыры воспринимались со всей серьезностью... Однако для большинства людей на планете все это по-прежнему не означало, что человечество вышло за пределы самоподдержания окружающей среды. Мы протестовали против такой точки зрения. В нашем обзоре начала 90-х гг. мы заявляли: выход за пределы больше нельзя игнорировать, это уже свершившийся факт. Его необходимо признать, чтобы решить главную задачу: вернуть мир в область самоподдержания. Несмотря на серьезность положения, книга «За пределами роста» придерживалась оптимистической точки зрения, в большинстве сценариев показывая, что последствия от выхода за пределы поправимы, для этого надо лишь вести продуманную мировую политику и пойти на определенные изменения в технологии, управлении, общественной жизни и личностных устремле-

ниях.

Книга «За пределами роста» увидела свет в 1992 г. В тот же год в Рио-де-Жанейро проходила встреча на высшем уровне по вопросам развития и окружающей среды. Сам факт такой встречи, казалось бы, свидетельствовал о том, что мировое сообщество наконец-то решило серьезно отнестись к экологическим проблемам. Но теперь нам известно, что цели, поставленные в Рио, так и не были достигнуты. Конференция «Рио + 10» в Йоханнесбурге в 2002 г. принесла еще меньше пользы: вся работа была практически парализована дискуссиями на идеологические и экономические темы, которые велись в узких национальных, корпоративных, а то и просто в личных интересах⁴.

1970-2000 годы: Рост нагрузки на окружающую среду

За последние тридцать лет многое изменилось в лучшую сторону. В ответ на продолжающийся рост нагрузки на окружающую среду разработаны новые технологии, потребители в определенной степени изменили свои предпочтения, созданы новые организации, заключены многосторонние соглашения. В некоторых регионах производство продовольствия, энергии и промышленной продукции росло гораздо быстрее, чем численность населения, и благосостояние людей увеличивалось. Скорости роста населения уменьшились в ответ на возросший уровень доходов.

Обеспокоенность состоянием окружающей среды и забота о ней сейчас гораздо выше, чем в 1970 г. В большинстве стран существуют министерства по защите природных ресурсов, довольно широко распространено экологическое образование. В богатых странах практически устранены такие типичные загрязнения, как выбросы из дымовых труб и промышленные стоки; ведущие компании-производители добиваются все большей экологической эффективности.

На фоне этих очевидных успехов не так-то просто вести разговор о выходе за пределы, факт которого был установлен в 90-е гг. Задача еще больше усложняется, если учесть нехватку статистических данных и элементарное отсутствие общепринятой терминологии в этой области. Например, на определение взаимосвязи между валовым внутренним продуктом (ВВП) и нагрузкой на окружающую среду ушло больше 20 лет, а ведь только после такой предварительной работы можно было начать конструктивный диалог о проблеме пределов роста. Мировое сообщество до сих пор пытается осознать идею *самоподдержания (устойчивого развития)* — термин, которым, к огромному сожалению, многие злоупотребляют даже через два десятилетия после того как его ввела в обращение Комиссия Брундтланд⁵.

Последние 10 лет позволили нам накопить данные, которые укрепили наш вывод о том, что мир уже вышел за пределы. Сейчас совершенно ясно, что максимум производства зерна на душу населения пройден в середине 80-х гг. Ожидания существенного роста морского вылова рыбы не

оправдались. Природные катаклизмы с каждым годом обходятся миру все дороже, а борьба за пресную воду и ископаемые виды топлива становится все жестче, подчас приобретая формы прямых столкновений. Соединенные Штаты и другие ведущие страны продолжают увеличивать выбросы парниковых газов, хотя метеорологические данные свидетельствуют о том, что климат меняется, и ученые уже пришли к единому мнению о том, что это прямое следствие человеческой деятельности. И по-прежнему в мире есть регионы и области, в которых происходит снижение экономической активности. 54 страны — а это 12% мирового населения — в период 1990—2001 гг. ощутили уменьшение валового внутреннего продукта на душу населения⁶.

Прошедшие 10 лет улучшили ситуацию с терминологией и позволили разработать новые количественные показатели выхода системы за пределы. Например, Матис Вакернагель (Mathis Wackemagel) и его коллеги сумели оценить нагрузку на окружающую среду со стороны человека (*ecological footprint*, *экологический след*) и сравнить ее с поддерживающей способностью (потенциальной емкостью) планеты⁷. Они определили экологическую нагрузку как земельную территорию, необходимую для получения нужного количества ресурсов (зерна, продовольствия, древесины, рыбы, площадей под городскую застройку) и разложения выбросов, производимых мировым сообществом (прежде всего диоксида углерода). Сравнив полученные значения с территориями, доступными на планете, Вакернагель заключил, что человечество уже расходует примерно на 20%



Рис. В-1. Нагрузка на окружающую среду и уровень самоподдержания

(потенциальная емкость биосферы)

График показывает долю поверхности планеты, необходимую для обеспечения человечества ресурсами и для разложения загрязнений. Расчеты ведутся для каждого года, начиная с 1960 г. Потребности человечества сравниваются с доступными ресурсами: на самом деле планета у нас только одна. Начиная с 80-х гг., потребности человека превышают возможности планеты, и выход за пределы в 1999 г. составляет порядка 20%. (Источник: M. Wackemagel et al.)

больше, чем допускает уровень самоподдержания (рис. В-1). По этой методике подсчета выходит, что в последний раз человечество находилось на уровне самоподдержания в 80-х гг. XX в. В настоящее же время мы за пределами на 20%.

К сожалению, нагрузка со стороны человека на окружающую среду продолжает расти, несмотря на развитие технологий и усилия общественных организаций. Положение осложняется тем, что человечество уже вышло за пределы и находится в неустойчивой области. Однако понимание этой проблемы во всем мире удручающе слабое. Чтобы снизить воздействие на окружающую среду и вернуться к допустимому уровню, необходимо изменить личностные и общественные ценности, а чтобы добиться у политиков поддержки в этой области, времени нужно очень много.

Что же произойдет?

Задача формулируется очень просто: чтобы достичь устойчивости, человечество должно увеличить уровни потребления в бедных странах мира, но при этом одновременно снизить нагрузку на окружающую среду в целом по планете. Нужно и развитие технологий, и изменение поведения людей, и планирование в долговременной перспективе. Нужно больше понимания, уважения и заботы без оглядки на политические границы. Даже при самом благоприятном развитии событий на это уйдут годы. Ни одна современная политическая партия пока не оказала поддержки такой программе, и уж, конечно, ни одна из развитых и богатых стран не поступилась своим уровнем потребления, хотя они вполне могли бы уменьшить экологическую нагрузку, чтобы дать возможность бедным странам выбраться из нищеты. Между тем общемировая нагрузка на природу растет с каждым днем.

По этим причинам сегодня мы оцениваем перспективы развития мира гораздо пессимистичнее, чем в 1972 г. Грустно, но факт: человечество впустую потратило целых 30 лет, обсуждая не те проблемы, что нужны, и принимая слабые, нерешительные меры по защите окружающей среды. У нас нет других 30 лет, так что проявлять нерешительность просто некогда: слишком многое нужно изменить, чтобы сегодняшней выход за пределы уже в XXI в. не привел к глобальной катастрофе.

Мы пообещали Дене Медоуз незадолго до ее кончины в начале 2001 г., что обязательно опубликуем «30 лет спустя» — новое издание книги, которую она так любила. Наша работа в очередной раз напомнила нам, насколько разными были ожидания и надежды трех авторов.

Оптимизм Даны был неиссякаем. Она всегда верила в человеческие качества, излучая понимание и сочувствие. Всю свою жизнь она исходила из убеждения: если дать людям достаточно информации, то они в конце концов начнут вести себя обдуманно и осмотрительно и будут принимать верные решения, то есть изменят поведение в глобальном масштабе, чтобы предотвратить выход за пределы (или, если он уже произошел - чтобы помочь миру вернуться в рамки разумного). Дана посвятила этому всю жизнь.

Йорген, напротив, наш циник. Он уверен, что человечество будет преследовать кратковременные цели — увеличение потребления, рост занятости, финансовую безопасность — упорно игнорируя недвусмысленные предупреждения, пока не станет слишком поздно. Он с грустью отмечает, что общество по доброй воле отказывается от прекрасного мира, который был вполне возможен.

Деннис занимает промежуточную позицию. Он верит, что в конечном счете нужные меры все-таки будут приняты, и это позволит избежать худших вариантов будущего и глобальной катастрофы. Он надеется, что мир со временем выберет относительно устойчивое будущее, но, видимо, только после урока в виде серьезного мирового кризиса. И результат запоздалых мер будет гораздо менее привлекателен, чем то, что могло бы быть, прими человечество нужные меры раньше. К этому времени в мире будет разрушено огромное количество прекрасных экосистем, человечество упустит множество политических и экономических возможностей, будут широко распространены неравенство и несправедливость, общество будет милитаризовано, а конфликты станут повседневными.

Слить воедино три таких разных точки зрения на наше будущее просто невозможно. Но все мы сходимся в том, что могло бы быть. Изменения, которые мы хотели бы видеть в мире, описаны в слегка обновленной главе - это завершающий раздел книги «За пределами роста», написанный Даной, полный ее надежд. Мы изменили название, теперь оно звучит так: «Что нужно, чтобы перейти к устойчивому развитию». Основная идея состоит в том, что если мы продолжим распространять знания о проблеме, тогда все больше жителей планеты будет принимать правильные решения на основе любви и уважения ко всем обитателям Земли: людям, животным и растениям, тем, кто есть, и тем, кто будет. Мы всей душой надеемся, что это произойдет вовремя.

Верны ли прогнозы книги «Пределы роста»?

Нас часто спрашивают, были ли правильны предсказания, приведенные в книге «Пределы роста»? Обратите внимание на постановку вопроса: это типичный язык газетчиков, а вовсе не наша терминология. Мы рассматриваем наше исследование как инструмент, с помощью которого можно изучить разные варианты будущего. Мы не пытаемся предсказать

это будущее. Мы обрисовываем альтернативные сценарии, с которыми может встретиться человечество к 2100 г. Тем не менее из прошедших 30 лет можно извлечь полезные уроки. Итак, что же произошло с тех пор, как в марте 1972 г. из недр одного издательства в Вашингтоне вышла книга в тонкой бумажной обложке?

Сначала раздались гневные отклики экономистов, а с ними и промышленных производителей, политиков и защитников стран третьего мира — их возмущало само наличие пределов роста. Однако со временем жизнь подтвердила: идея ограниченной емкости мировой системы вовсе не абсурдна. Физическому росту действительно есть пределы, и они очень сильно влияют на то, достигнем мы своей цели или нет. История показывает, что обществу не так-то просто сделать выбор: продуманные и осмысленные действия, правильные в долговременном масштабе, обычно воспринимаются как досадная помеха в достижении краткосрочных целей.

Исчерпание природных ресурсов и выбросы в окружающую среду с 1972 г. уже породили ряд кризисов, давая пищу средствам массовой информации, привлекая внимание публики и пробуждая политиков от спячки. Падение производства нефти, истощение стратосферного озонового слоя, рост среднемировой температуры, голод, жаркие споры по поводу размещения ядовитых отходов, понижение уровня грунтовых вод, исчезновение биологических видов, сведение лесов — это только немногие из проблем, для обсуждения и решения которых проводятся исследования, международные встречи, заключаются соглашения... Все это подтверждает наш основной вывод: пределы физического роста — важнейшая тема для международного обсуждения в XXI в.

Тем, кто больше уважает цифры, мы можем сообщить: итоговые сценарии модели World3 оказались на удивление точными — прошедшие 30 лет подтвердили это. Численность населения в 2000 г. — порядка 6 млрд чел. в сравнении с 3,9 млрд в 1972 г. — оказалась именно такой, какой мы рассчитывали ее по модели World3 в 1972 г. Больше того, сценарий, показывавший рост мирового производства продовольствия (с 1,8 млрд т в год в зерновом эквиваленте в 1972 г. до 3 млрд т в 2000 г.), практически совпал с реальными цифрами⁹. Доказывают ли такие совпадения, что наша модель была правильна? Разумеется, нет. Но они подтверждают, что модель World3 вовсе не была абсурдной, как это заявляли критики. Ее предположения и наши заключения актуальны и сегодня.

Мы хотим напомнить, что для понимания основных выводов совсем не обязательно самому вводить модель World3 в компьютер и детально изучать ее. Самые важные выводы — о вероятности глобальной катастрофы — вовсе не основаны на слепой вере в графики, нарисованные моделью. Они вытекают из простого понимания динамики поведения глобальной системы, которая определяется тремя ключевыми

факторами: существованием пределов, постоянным стремлением к росту, а также запаздыванием между приближением к пределу и реакцией общества на это. Любая система, которой свойственны эти три фактора, рано или поздно выйдет за пределы и разрушится. Модель World3 основана на причинно-следственных связях, которые описывают пределы, запаздывания и рост. Поскольку причинно-следственные связи в реальном мире никто не отменял, вас не должно удивлять, что реальный мир идет по пути, который был описан в сценариях «Пределов роста».

Зачем нужна еще одна книга?

Какой же смысл публиковать обновленную версию книги «За пределами роста», если выводы двух предыдущих изданий принципиально не изменились? Основная наша цель — переформулировать аргументы 1972 г. и представить их в более доступной форме и с большей обоснованностью за счет статистических данных и конкретных примеров, накопленных за прошедшие десятилетия. Кроме того, мы должны снабдить новой информацией преподавателей, использовавших наши предыдущие издания как учебное пособие для студентов и школьников. Книга «За пределами роста» по-прежнему помогает сформировать полезное представление о будущем, но любому преподавателю, ведущему занятия в XXI в., не очень-то удобно пользоваться графикам и таблицами, которые заканчиваются 1990 г.

У нас были и другие причины выпустить третье издание. Мы снова и снова пытаемся:

- донести до человечества информацию о том, что мы уже вышли за пределы и что правильные меры позволят существенно уменьшить негативные последствия;
- представить данные и выводы, которые опровергают бодрые заявления политиков о том, что человечество идет правильным путем;
- научить жителей планеты учитывать долговременные последствия своих действий, объединить их в стремлении уменьшить последствия от выхода за пределы;
- представить модель World3 вниманию нового поколения читателей студентов и исследователей;
- показать, какого прогресса удалось достичь с 1972 г. в понимании долговременных причин и следствий роста.

Сценарии и прогнозы

Мы писали эту книгу не для того, чтобы прогнозировать события, которые ждут нас в XXI в. Мы не предсказываем будущее. Мы просто очерчиваем область возможных сценариев, десятков возможных путей, по которым может пойти мир в XXI в. Хочется, чтобы люди могли на этом учиться, размышлять и делать собственный выбор.

Мы далеки от мыслей о том, что статистика и разные теории когда-

либо позволят точно предсказывать будущее мира на сотню лет вперед. Но мы уверены в том, что современный уровень знаний позволяет отбросить определенные варианты будущего как заведомо нереальные. Имеющиеся на сегодня факты свидетельствуют: многие из ожиданий человечества (например, постоянный рост в будущем) — недостижимые мечты. Привлекательные, но нереализуемые. Они кажутся логичными, но не дают результата... Наш труд будет не напрасен, если жители планеты начнут анализировать свое поведение, станут более информированными и будут уважительнее относиться к глобальным физическим пределам, ведь от этого зависит их будущая жизнь.

Книги и переход к устойчивому развитию

Книга может показаться бесполезной для достижения устойчивости и самоподдержания. Однако наш опыт свидетельствует о другом. В мире были проданы миллионы экземпляров «Пределов роста» и «За пределами роста». Первое издание вызвало ожесточенные споры повсеместно в мире, второе позволило снова поднять волну обсуждения. Нам удалось привлечь внимание к экологическим проблемам на самом раннем этапе движения в защиту окружающей среды. Многие студенты, прочитавшие в свое время «Пределы роста», избрали для себя именно это направление и посвятили себя исследованиям в области устойчивого развития и наук об окружающей среде. Их усилия дали свои плоды.

Но некоторых целей наша работа так и не достигла. Мы рассчитывали, что книги «Пределы роста» и «За пределами роста» привлекут внимание к выходу за пределы возможностей окружающей среды и позволят обществу понять, что рост — вовсе не панацея от всех бед. Мы ввели термин «пределы роста» в широкий оборот. Однако оказалось, что термин этот многими воспринимается неправильно, его слишком часто используют как упрощение. Многие критики уверены, что мы обеспокоены пределами только потому, что уверены: ископаемые виды топлива и некоторые другие ресурсы на планете скоро закончатся. На самом же деле наши опасения гораздо глубже: мы предполагаем, что текущие тенденции приведут мир к выходу за пределы и к катастрофе в результате бесплодных и безнадежных попыток победить экологические пределы. Мы уверены в том, что современная экономика уже вышла за важные пределы и что ситуация в ближайшие десятилетия станет существенно хуже. В предыдущих книгах нам не удалось донести эту мысль до человечества в простом и понятном виде. И, к сожалению, нам совсем не удалось добиться того, чтобы проблему выхода за пределы приняли для повсеместного обсуждения политики и общество.

Полезно сравнить нашу работу с деятельностью тех групп (чаще всего состоящих из экономистов), которые потратили эти 30 лет на продвижение концепции свободной торговли. В отличие от нас, им удалось донести эту идею чуть ли не до каждой домохозяйки. В

противоположность нам, они смогли привлечь на свою сторону огромное число политиков. Но они, как и мы, столкнулись с практически повсеместным неприятием своей теории, поскольку свободная торговля влечет за собой немедленный рост личных или общественных расходов, потерю рабочих мест... В их случае тоже распространены неправильные представления, например, об итоговых плюсах и минусах практической реализации свободной торговли. И хотя в XXI в. выход за экологические пределы будет не в пример важнее, чем свободная торговля, тем не менее, эта тема пока привлекает гораздо меньше внимания публики. Наша книга — очередная попытка изменить такое положение вещей.

Выход за пределы и реальные последствия

Выход за пределы и последующий упадок в социальной сфере — станут результатом того, что общество недостаточно подготовлено к будущему.

Будут утрачены определенные блага: например, не будет наготове замена исчерпаемым ресурсам, в то время как запасы нефти истощатся, все меньше будет улов рыбы, все дороже будет древесина тропических лесов... Ситуация особенно печальна в том случае, если в результате выхода за пределы источник ресурса может быть разрушен, ведь тогда человеческое общество ждет катастрофа.

Живым примером глобального выхода за пределы и его последствий может служить недавнее обрушение мирового рынка акций, когда на рубеже тысячелетий лопнул биржевой «мыльный пузырь». Хотя все это произошло не в физическом, а в финансовом мире, тем не менее, пример достаточно нагляден и позволяет хорошо изучить процесс «лопания пузыря». Исчерпаемым ресурсом было доверие инвесторов.

Расскажем вкратце о тех событиях. Цена акций в период с 1992 г. по март 2000 г. выросла необычайно сильно — сейчас можно сказать, что это был пик неустойчивости. С этого пика цены на акции падали целых три года, пока не достигли минимума в марте 2003 г. Затем цены начали постепенно восстанавливать свои позиции, по крайней мере, к этому все шло в тот момент, когда писались эти строки (то есть в январе 2004 г.).

Подобно тому, как человечество совершенно не обеспокоено пределом емкости среды по разложению выбросов, никто не испытывал опасений и в долгий период роста цен на акции. Наоборот, все излучали энтузиазм — еще бы, показатели и индексы тогда достигли небывалых высот. Самое интересное, энтузиазм излучался даже тогда, когда цены на акции достигли области неустойчивости — оглядываясь назад, можно сказать, что это произошло в 1998 г. Только после обрушения рынка — через много лет после того самого «пика» и даже через несколько лет после обвала цен — инвесторы стали признавать, что пузырь действительно был мыльный. Именно так они называют выход за пределы. Поскольку обрушение уже шло полным ходом, никому не удалось бы остановить его. В те три «черных» года многим казалось, что рынок акций уже никогда не восстановится. Доверие инвесторов было полностью подорвано.

Мы с грустью отмечаем, что, скорее всего, выход за пределы и последующий кризис с исчерпанием мировых ресурсов и выбросами загрязнений будет развиваться по той же схеме, что и обвал рынка акций, вот только временные периоды будут гораздо продолжительнее. Пока идет рост, все празднуют. И продолжают радоваться даже после того, как будет пройден максимум и система переходит в область неустойчивости (а мы знаем, что это уже произошло). Кризис настанет внезапно, и все очень удивятся. Через несколько кризисных лет станет очевидно, что период непосредственно перед кризисом был совершенно неустойчивым. Когда пройдет еще немного времени, многим станет казаться, что упадок никогда не кончится. И мало кто будет надеяться на то, что когда-нибудь в будущем снова настанет изобилие энергии, а моря снова будут

полны рыбы... Хочется надеяться, что это не станет ирусcraft действительностью.

Планы на будущее

Сначала пределы роста были делом отдаленного будущего. Сейчас они очевидны. Сначала глобальная катастрофа казалась чем-то непостижимым, нереальным, невозможным. Сейчас об этом рассуждают многие, хотя скорее как об отдаленной перспективе, некоей гипотетической возможности. Мы считаем, что примерно через 10 лет последствия выхода за пределы будут уже хорошо заметны, а через 20 лет общество открыто признает факт выхода за пределы. Сценарии, приведенные в этой книге, показывают, что в перше десятилетие XXI в. рост будет продолжаться — так же, как это показывали сценарии «Пределов роста» 30 лет назад. Можно сказать, наши ожидания от периода 1970—2010 гг. мало чем отличаются от надежд тех, кто нас столько критиковал. Всем нам придется подождать еще лет десять, чтобы окончательно выяснить, кто был прав.

Мы планируем выпустить четвертое издание в 2012 г., в сороковую годовщину выхода первой книги. К тому времени, наверное, будет предостаточно статистических данных, подтверждающих выход за пределы. Тогда мы сможем подтвердить свою правоту или будем вынуждены признать, что технологии и рыночная экономика сумели сдвинуть глобальные пределы вверх, намного выше, чем потребности человеческого общества. Либо уменьшение численности населения и упадок экономики будут неизбежны, либо мир будет располагать еще многими десятилетиями для роста. Пока не вышло четвертое издание, вам придется формировать свое собственное мнение о причинах и следствиях роста экологической нагрузки. Мы надеемся, что информация, содержащаяся в этой книге, поможет вам в этом.

Январь 2004 г.

Деннис Л. Медоуз, Дарем, Нью-Гемпшир, США; Йорген Рандерс, Осло, Норвегия

ПРЕДЕЛЫ РОСТА

ГЛАВА 1

Выход за пределы

Будущее больше не кажется таким, каким оно могло бы быть, если бы люди научились эффективно использовать свой разум и открывающиеся возможности. Но будущее все еще может стать таким, как мы хотим, если только наши пожелания будут разумны и реалистичны.

Аурелио Печчеи, 1981

Что значит «выйти за пределы»? Это означает, что вы зашли слишком

далеко — непреднамеренно вышли за допустимые рамки. В повседневной жизни мы каждый день выходим за какие-нибудь пределы. Если слишком резко встать со стула, можно потерять равновесие. Если резко отвернуть горячий кран в душевой, можно обжечься. На обледенелом шоссе автомобиль может проскочить на запрещающий сигнал светофора. На вечеринке можно перебрать с алкоголем и выпить больше, чем организм способен спокойно перенести, и тогда утром вы будете мучиться от похмелья. Строительные компании порой строят больше домов, чем люди в состоянии купить, и тогда приходится продавать жилье по заниженным ценам и рисковать банкротством. Часто на воду спускают слишком много рыболовецких судов, и тогда флот становится таким большим, что улов превышает допустимые пределы. Популяция рыбы не может восстановиться, рыбные ресурсы истощаются, и тогда флоту не останется ничего другого, кроме как стоять в гавани. Химические компании навывукали столько хлорсодержащей продукции, что верхние слои атмосферы не в состоянии с этим справиться. И теперь целыми десятилетиями озоновый слой будет истощенным, пока количество стратосферного хлора не уменьшится.

Существует три основных причины выхода за пределы, и они всегда одни и те же, независимо от масштаба явления — от личного уровня до планетарного. Во-первых, это рост (причем порой ускоряющийся) и слишком быстрые изменения. Во-вторых, всегда существует некий предел или ограничение, за которыми деятельность системы перестает быть безопасной. В-третьих, часто между событием и откликом на него бывает запаздывание, вдобавок не всегда этот отклик интерпретируется правильно, так, чтобы вернуть систему в допустимые пределы. Эти три причины — необходимые и достаточные условия для выхода за пределы.

Выход за пределы встречается буквально везде и принимает самые разные формы. Это явление может быть физическим, например, рост потребления нефти. Оно может быть организационным, например, увеличение числа подчиненных. Оно может быть психологическим: страсти к постоянному увеличению личного потребления. Оно может происходить в финансовой сфере, на политической арене, в биологических системах — в любой области нашей жизни.

Так же разнообразны могут быть и пределы. Это могут быть ограниченность пространства, времени, устойчивость системы к нагрузкам физическим, биологическим, политическим, физиологическим и прочим.

Наконец, и запаздывания тоже возможны разные. Они могут быть следствием невнимательности, недостоверности данных, задержки информации, медленной реакции, неповоротливости или коррумпированности бюрократического аппарата, ложной теории об откликах системы или просто инерции. Например, водитель, несущийся сломя голову по обледенелой дороге, явно не учитывает, что тормозной путь будет длиннее, чем обычно. Строители используют в обоснованиях своих проектов текущие цены, хотя на рынке построенное жилье появится двумя

или тремя годами позже. Рыболовецкий флот наращивает свои мощности на основе прошлого улова, а не на данных о будущем воспроизводстве рыбных ресурсов. Химические соединения могут годами перемещаться в окружающей среде от места их использования до точки, где их присутствие вызовет тяжелые последствия.

Многие случаи выхода за пределы не приносят большого вреда. Опыт в этой области, накопленный каждым из нас, позволяет избежать тяжелых последствий. Немало пределов встречается достаточно часто для того, чтобы к тому моменту, когда это станет действительно опасным, мы уже знали, как избежать проблем или хотя бы минимизировать ущерб. Например, перед тем как встать под сильную струю душа, мы пробуем температуру воды рукой. Порой бывает так, что вред нанесен, но быстро компенсируется: перебрав накануне в баре, утром мы поспим подольше и снова будем в полном порядке.

Однако иногда существует риск выхода за пределы уже с катастрофическими последствиями. Рост населения земного шара и физического капитала толкают человечество к краю пропасти. Наша книга именно об этом.

В ней мы постараемся преодолеть сложности в понимании и описании причин и следствий роста населения и капитала и их выхода за пределы самоподдержания Земли. Эти процессы сложны и многогранны. Надежных данных часто недостаточно, они могут быть неточными или неполными. Уровень развития науки пока не позволил достичь согласия даже ученым, что уж говорить о политиках. Тем не менее нам нужен показатель, который может отразить зависимость между запросами человечества в глобальном масштабе и тем, что физически может предоставить нам планета. Этот показатель мы будем называть *нагрузкой на окружающую среду*, или *экологической нагрузкой*.

Данный показатель использовали в своем исследовании Матис Вакернагель (Mathis Wackemagel) с коллегами — их доклад был представлен на Всемирном совете в 1997 г. Вакернагель рассчитал размеры территории, которая нужна для того, чтобы обеспечить человечество всеми необходимыми ресурсами и при этом справиться со всеми выбросами и отходами¹. Предложенный Вакернагелем показатель и математические методы затем взял на вооружение Всемирный фонд защиты природы (World Wide Fund for Nature), который теперь каждые полшда публикует данные по экологической нагрузке более чем для 150 стран в своем «Отчете о живой планете» (*Living Planet Report*)². По этим данным получается, что с 80-х гг XX в. население планеты каждый год использует больше ресурсов, чем может быть восстановлено за тот же период. Другими словами, экологическая нагрузка мирового сообщества на внешнюю среду превышает ее способность восстанавливаться. Это заключение подкрепляется огромным объемом данных, и мы вернемся к этому вопросу в гл. 3.

Потенциальные последствия такого выхода за пределы чрезвычайно опасны. Эта ситуация уникальна: перед человечеством встают проблемы,

которые раньше никогда не встречались в таких масштабах. Чтобы справиться с ними, не хватает ни умения рассчитывать на годы вперед, ни культурных традиций, ни нужных привычек, ни соответствующих организаций. На устранение последствий выхода за пределы потребуются сотни, а то и тысячи лет.

Однако эти последствия не обязательно должны быть катастрофическими. Выход за пределы может вести человечество по двум возможным путям. Первый из них — крах в той или иной степени. Второй — осознанный поворот, коррекция, осторожное смягчение напряженности. Мы рассматриваем оба варианта, их влияние на человеческое общество и состояние планеты. Мы верим в то, что второй вариант — коррекция — возможен, и что он способен привести к желаемому будущему для всех людей мира, устойчивому, справедливому и обеспеченному. Мы уверены и в том, что если не произвести серьезную коррекцию в самое ближайшее время, то крах в той или иной форме будет неизбежен. И наступит он еще при жизни сегодняшнего поколения.

Это заявление чудовищно. Как же мы пришли к нему? За прошедшие 30 лет мы и многие наши коллеги работали над анализом долговременных причин и следствий роста численности населения и вызванной этим экологической нагрузки. Мы использовали четыре разных подхода, можно сказать, четыре увеличивающих прибора разной кратности, позволяющих взглянуть на мир с разных точек зрения, подобно тому как линзы микроскопа и телескопа позволяют увидеть разные картины. Три из них широко известны, их легко описать: (1) стандартная научно-экономическая теория глобальной системы, (2) статистические данные по окружающей среде и мировым ресурсам и (3) компьютерная модель, позволяющая обобщить всю информацию и сделать выводы. Большая часть этой книги построена на этих трех подходах: мы рассказываем, как мы применили их и что это нам дало.

Четвертый подход - это наше мировоззрение, наша личная позиция, наши ценности — основа нашего взгляда на окружающую действительность. Каждый по-своему воспринимает мир; от внутренних убеждений человека зависит, что он видит, а что нет — это своеобразный фильтр. Ту информацию об окружающем мире, которая соотносится с внутренними (часто подсознательными) убеждениями или ожиданиями, человек воспринимает легко. Если же информация не соответствует ожиданиям, человек склонен пренебрегать ею; он ей не доверяет или прямо отрицает ее. Когда человек смотрит через фильтр, словно через цветное стекло, он видит *сквозь* стекло, но при этом не видит самого стекла. То же самое происходит с мировоззрением. Если человек разделяет ваше мировоззрение, нет никакой нужды описывать это мировоззрение, он и так на вашей стороне. Если же нет, то объяснить ему вашу позицию очень сложно. Всегда нужно помнить, что любая книга, компьютерная модель или официальное заявление построены на мировоззрении их авторов в не меньшей степени, чем на «объективных данных» или анализе.

Никто не может полностью абстрагироваться от своего мировоззрения, и мы не исключение. Но зато мы можем донести до читателя его ключевые положения. Наше мировоззрение сформировалось под влиянием западного индустриального общества, в котором мы выросли, под влиянием научно-экономических исследований, поездок по всему миру и уроков, которые мы из этого вынесли. Самая важная составляющая нашего восприятия мира (что, наверное, меньше всего разделяют другие люди) — это взгляд на мир как на систему.

Как и всякая точка зрения — например, вершина холма — системный подход позволяет человеку увидеть то, что с других точек зрения увидеть невозможно, но при этом может скрыть от взгляда другие вещи. Он обращает внимание на динамические системы — наборы взаимосвязанных материальных и нематериальных элементов, меняющихся со временем. Он позволяет увидеть мир как совокупность моделей поведения, таких как рост, спад, колебания, выход за пределы. Он позволяет сосредоточиться не на отдельных элементах, а на связях между ними. Мы рассматриваем окружающую среду, экономику и демографию (сколько бы внутренних элементов они ни насчитывали) как *единую глобальную систему* с огромным числом взаимосвязей. Мы наблюдаем за уровнями, потоками, обратными связями, пороговыми значениями, и все они влияют на поведение системы в будущем и на те меры, которые мы можем предпринять, чтобы изменить его.

Системный подход ни в коей мере не единственно возможный способ изучения мира, но он чрезвычайно информативен. Такой подход позво-

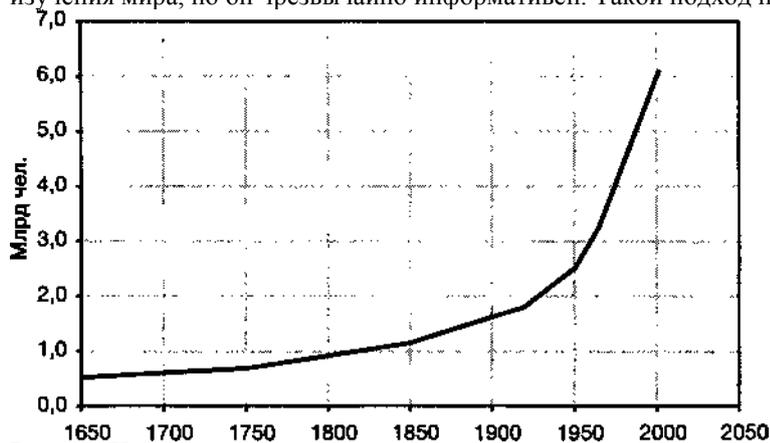


Рис. 1.1. Численность населения мира

С начала промышленной революции численность населения мира экспоненциально растет. Обратите внимание на форму кривой и растущие изменения со временем — это признаки экспоненциального роста. В настоящее время рождаемость уменьшается, однако замедление роста настолько незначительно, что его едва можно заметить. В 2001 г. прирост населения составлял 1,3% в год, что соответствует времени удвоения 55 лет. (Источники: PRB, UN, D. Vogue.)

ляет найти новые подступы к старым проблемам и обнаружить пути решения, о которых мы и не подозревали. Мы попытаемся изложить осо-

бенности системного подхода в этой книге, предоставляя читателю оценить их и сделать собственные выводы о состоянии мира и о том, что ожидает его в будущем.

Структура книги следует логике нашего анализа глобальной системы. Базовые положения мы уже привели. Выход за пределы становится следствием трех факторов: (1) стремительных изменений, (2) пределов, за которые эти изменения не должны выходить, и (3) ошибок либо запаздывания в восприятии этих пределов и в управлении изменениями. Мы рассмотрим состояние глобальной системы в следующем порядке: сначала движущие силы, приводящие к быстрым изменениям в мировом масштабе, затем планетарные пределы и, наконец, способы, с помощью которых человеческое общество в состоянии обнаружить пределы и отреагировать на них.

Следующую главу мы начнем с изучения самого процесса изменений. Абсолютные темпы изменений в мире сейчас выше, чем когда бы то ни было на протяжении человеческой истории. В основном эти изменения вызываются экспоненциальным ростом численности населения и материального производства. Уже более двухсот лет рост определяет поведение глобальной социально-экономической системы. На рис. 1.1 видно,



Рис. 1.2. Мировое промышленное производство

Мировое промышленное производство в сравнении с уровнем 1963 г. демонстрирует четкий экспоненциальный рост, несмотря на отдельные флуктуации (следствие скачков цен на нефть и спадов финансовой активности). Среднегодовые темпы роста за последние 25 лет составляют порядка 2,9%, что соответствует времени удвоения 25 лет. Рост производства на душу населения происходит медленнее, поскольку численность населения увеличивается — темп роста составляет 1,3% в год, что эквивалентно времени удвоения 55 лет. (Источники: UN; PRB.)

что численность населения продолжает расти, несмотря на некоторое снижение рождаемости в ряде стран. На рис. 1.2 показан рост промышленного производства, тоже продолжающегося, несмотря на периодические спады, вызванные скачками цен на нефть, терроризмом,

эпидемиями и другими краткосрочными факторами. Производство промышленной продукции растет быстрее, чем численность населения, и это приводит к некоторому повышению среднего уровня благосостояния.

Рост населения и промышленного производства отражается на многих других элементах планетарной системы. Например, растут концентрации различных типов загрязнений. На рис. 1.3 отражен рост атмосферной концентрации основного загрязнителя — диоксида углерода, одного из парниковых газов, появляющегося в результате сжигания ископаемого топлива и сведения лесов.

Другие графики, приведенные в этой книге, иллюстрируют рост производства продовольствия, городского населения, потребления энергии, использования различных материалов и многие другие физические показатели деятельности человека на планете. Не все они растут одинаково. По данным табл. 1.1 можно видеть, насколько различны скорости роста. Одни показатели увеличиваются, но медленнее, чем раньше, хотя и

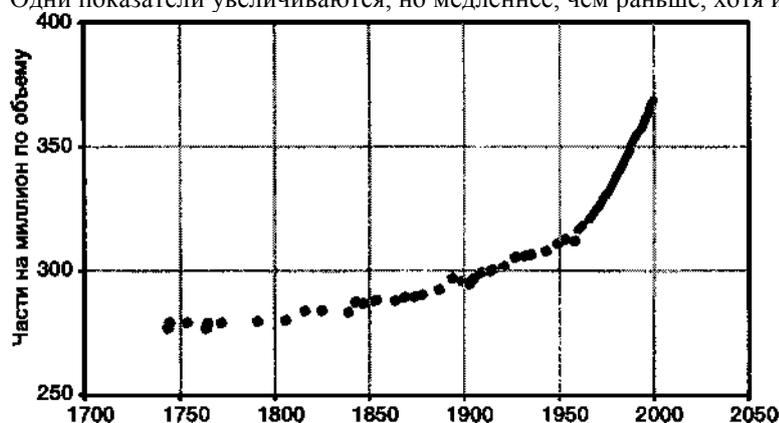


Рис. 1.3. Концентрация в атмосфере диоксида углерода

Концентрация диоксида углерода в атмосфере возросла с приблизительно 270 частей на миллион до 370 частей на миллион и продолжает увеличиваться. Основные источники поступления в атмосферу диоксида углерода — сжигание человеком ископаемых видов топлива и сведение лесов. Последствие — глобальное изменение климата. (Источники: UNEP; U.S. DoE.)

в этом случае рост продолжается ощутимыми темпами. Зачастую снижение темпа роста не может остановить сам рост, так как даже маленький процент прироста относительно большой базы дает значительное увеличение. Так происходит с восемью из четырнадцати показателей табл. 1.1. За последние полстолетия численность населения возросла многократно; освоенные людьми территории, потоки вещества и энергии увеличились в 2,4,10 раз и больше, и человечество рассчитывает на еще больший рост в будущем.

Люди поддерживают идеи роста, поскольку полагают, что это приведет к повышению их благосостояния. Правительственные чиновники уверены в том, что рост — универсальное средство буквально от любых проблем. В богатых странах считают, что рост необходим для того, чтобы

повышались занятость, социальная мобильность, техническая оснащенность. В бедных странах рост считают единственным средством выхода из нищеты. Многие полагают, что рост необходим, чтобы иметь достаточные ресурсы для защиты окружающей среды. Правительства и руководители корпораций делают все возможное и невозможное для того, чтобы рост продолжался.

Все это приводит к тому, что рост воспринимается как нечто позитивное, желаемое. Вспомните синонимы роста: *развитие, прогресс, продвижение, увеличение, достижение, улучшение, процветание, успех...*

Таблица 7.7. Показатели роста в некоторых областях человеческой деятельности (1950—2000 гг.)

	1950	Изменение за 25 лет, %	1975	Изменение за 25 лет, %	2000
Численность населения (млрд чел.)	2520	160	3077	150	6067
Число зарегистрированных транспортных средств (млн шт.)	70	470	328	220	723
Годовое потребление:					
нефти (млрд баррелей)	3800	540	20512	130	27635
природного газа (трлн куб. футов)	6,5	680	44,4	210	94,5
каменного угля (млрд т)	1400	230	3300	150	5100
Установленная мощность электростанций (ТВт)	154	1040	1606	200	3240
Годовое производство:					
кукурузы/маиса (млн т)	131	260	342	170	594
пшеницы (млн т)	143	250	356	160	584
риса (млн т)	150	240	357	170	598
хлопка (млн т)	5,4	230	12	150	18
древесины (млн т)	12	830	102	170	171
железа (млн т)	134	350	468	120	580
стали (млн т)	185	350	651	120	788
алюминия (млн т)	1,5	800	12	190	23

(Источники: PRB; American Automobile Manufacturers Association; Ward's Motor Vehicle Facts & Figures; U.S. DoE; UN; FAO; CRB.)

Таковы психологические и организационные движущие силы роста. Есть еще так называемые структурные причины, кроющиеся внутри связей между элементами демографо-экономической системы. В гл. 2 обсуждаются структурные причины роста и описываются их последствия, чтобы можно было ответить на вопрос: *почему* рост стал доминирующей характеристикой поведения мировой системы?

Рост может решить одни проблемы, но при этом создает другие, по-

скольку у него есть пределы — это описано в гл. 3. Возможности Земли не безграничны. Рост любого материального показателя, будь то численность населения, число автомобилей, домов и заводов, не может продолжаться бесконечно. Но предельное число людей, машин, зданий и фабрик нельзя рассчитать напрямую — можно только косвенно, через пределы потоков энергии и материалов, необходимых для поддержания жизни этих людей, создания и функционирования этих машин, зданий и фабрик. Это пределы скорости, с которой человечество может извлекать ресурсы (зерновые и кормовые культуры, древесина, рыба) и выбрасывать отходы (парниковые газы, токсичные вещества), не превышая уровня продуктивности среды и ее способности разлагать загрязнения.

Население и экономика зависят от потоков воздуха, воды, продовольствия, сырья и ископаемого топлива на планете. Образующиеся отходы и загрязнения возвращаются назад, в окружающую среду. Источники включают в себя сырьевые месторождения, водоносные горизонты, запасы питательных веществ в почве; к стокам относятся атмосфера, поверхностные водоемы и мусорные свалки. Физические пределы роста — это пределы способности планетарных источников предоставлять нам потоки сырья и энергии, а стоков — поглощать загрязнения и отходы.

В гл. 3 мы анализируем состояние мировых источников и стоков. Данные, которые мы приводим, образуют классическую пару «плохая новость — хорошая новость».

ИСТОЧНИКИ Природные ресурсы	Использование ресурсов <i>тщательнее</i>	Используемые сырье и энергия	Выбросы	СТОКИ Выбросы в окружающую среду
--	--	---------------------------------	---------	--

Плохая новость состоит в том, что многие важнейшие источники истощаются и деградируют, а большинство стоков уже переполнено. *Потоки, используемые экономической системой в настоящее время, невозможно поддерживать в таких масштабах продолжительное время.* Некоторые источники и стоки уже находятся на пределе, их рост уже начинает ограничиваться, например, повышением цен, налогами на выбросы в окружающую среду, наконец, увеличением смертности.

Хорошая новость заключается в том, что *существующие темпы использования ресурсов вовсе не являются необходимыми для поддержания достойного уровня жизни всех людей на планете.* Нагрузку на окружающую среду можно ослабить за счет уменьшения численности населения, изменения норм потребления, применения ресурсосберегающих технологий. Эти изменения вполне возможны. У человечества есть все необходимые знания для того, чтобы поддерживать приемлемый уровень услуг и производства товаров при одновременном существенном снижении нагрузки на планету. В теории существует множество способов вернуть нагрузку на среду со стороны человечества в рамки допустимого.

Однако теория не воплощается на практике автоматически. Пока что необходимые изменения, которые могут снизить негативное влияние на

окружающую среду, либо совсем не осуществляются, либо проводятся недостаточно быстро, чтобы снять нагрузку с источников и стоков. Происходит это потому, что не существует прямых и видимых причин, вынуждающих пойти на такие изменения немедленно, а также потому, что это в любом случае потребует много времени. Этому посвящена гл. 4, где обсуждаются тревожные сигналы, предупреждающие человечество о том, что оно вышло за пределы, и скорость, с которой общество может на них реагировать.

В гл. 4 мы обратимся к нашей компьютерной модели World3, которая позволит свести воедино множество теорий и статистических данных, чтобы в доступной форме представить картину мира — рост, пределы, задержки отклика... Это инструмент для изучения будущих последствий наших сегодняшних действий. Мы покажем, как компьютер моделирует будущее поведение глобальной системы, исходя из того, что в ней не будет ни радикальных изменений, ни попыток изменить существующие тенденции или решить проблемы, не доводя ситуацию до крайности.

Результат такого имитационного моделирования — практически в каждом сценарии — выход за пределы, катастрофа мировой экономики и резкое снижение численности населения.

К счастью, не все сценарии приводят к катастрофе, есть и исключения. В гл. 5 мы приведем самый наглядный из известных нам примеров того, что человек способен предвидеть развитие событий, обнаружить наличие предела и вовремя отступить. Мы расскажем, как мировое сообщество отреагировало в 80-е гг. XX в. на известие о истощении стратосферного озонового слоя. Этот случай поучителен по двум причинам. Во-первых, он разрушает доминирующее представление о том, что люди, правительства и корпорации не обладают дальновидностью и предусмотрительностью и потому никогда в жизни не смогут договориться и принять совместные меры к решению мировых проблем. Во-вторых, он отлично иллюстрирует все три фактора, необходимых для выхода за пределы: быстрый рост, наличие пределов и задержку реакций (как ученых, так и политиков).

История про истощение стратосферного озонового слоя и про меры, принятые человеком, похожа на сказку со счастливым концом, но на самом деле ее финальные страницы будут написаны только через несколько десятилетий. Она служит примером того, как трудно управлять сложной экономикой в рамках еще более сложной, полной взаимосвязей планетарной системы, особенно если нет полного понимания сути явления, реакции запаздывают, а система в целом обладает огромной инерцией.

В гл. 6 мы используем компьютер по его прямому назначению — не для предсказания того, *что произойдет* в результате существующей политики, а для анализа вариантов, которые *могут стать реальностью*, если мы предпримем определенные меры. Мы ввели в модель World3 некоторые гипотезы об изобретательности человека и сосредоточились на двух путях решения проблем — рыночном и технологическом, — на которые множество людей возлагают большие надежды. Эти два пути так или

иначе учтены в модели World3, но в гл. 6 мы обращаем на них особое внимание. Мы анализируем, что может произойти, если мировое сообщество приложит целенаправленные усилия, чтобы контролировать выбросы загрязнений, обеспечить защиту окружающей среды и здоровья человека, наладить переработку вторичного сырья и добиться гораздо более эффективного использования доступных ресурсов.

Из полученных по модели World3 сценариев мы узнали, что все эти усилия могут оказать помощь существенную, но сами по себе недостаточны. Они не достигают цели, поскольку реакции рынка и технологической сферы не всегда можно правильно интерпретировать, к тому же они поступают с большим запаздыванием. Реализация подобных мер требует времени, денег, потоков сырья и энергии, и их все равно могут свести на нет рост населения и капитала. Чтобы избежать глобальной катастрофы и привести человечество к самоподдержанию, технический прогресс и приспособляемость рынка необходимы, но не достаточны. Нужно что-то еще. Что именно, описывается в гл. 7, где мы используем модель World3, чтобы показать, что случится, если к своей изобретательности люди добавят еще и мудрость. Мы полагаем, что мир примет два определения *достаточности*, и будет действовать в соответствии с ними: одно касается материального потребления, другое - размера семьи. Эти изменения вместе с технологическими изменениями, которые мы описываем в гл. 6, делают возможным стабилизацию численности населения на уровне 8 млрд чел. и переход к самоподдержанию. Все 8 млрд имеют уровень благосостояния, эквивалентный сегодняшнему уровню жизни людей с невысокими доходами в европейских странах. И если предположить, что эффективность технологий и рынка будет только возрастать, то материальные и энергетические потоки, необходимые для такого существования, планета сможет поддерживать бесконечно долго. В этой главе мы покажем, что из выхода за пределы все-таки можно вернуться к устойчивому состоянию.

Устойчивость, или самоподдержание - это настолько непривычный образ мыслей для современной культуры, буквально одержимой ростом, что в гл. 7 мы уделяем особое место описанию того, каким может быть устойчивый мир — и каким он быть *не должен*. Нет никаких причин к тому, чтобы в устойчивом мире кто бы то ни было жил в нищете. Напротив, мы считаем, что в таком мире каждому должен быть обеспечен достойный уровень жизни. Мы вовсе не считаем, что устойчивый мир должен быть застывшим, скучным, однообразным и неспособным к адаптации. Он не должен и, наверное, просто не сможет быть авторитарным или контролируемым централизованно. Это может быть мир, у которого есть время, ресурсы и желание исправлять свои ошибки, изобретать новое и сохранять продуктивность планетарных экосистем. Такой мир может сосредоточиться на продуманном подъеме уровня жизни, а не на бессмысленном увеличении потребления или наращивании физического капитала.

Глава 8, заключительная, посвящена в большей степени стереотипам

нашего мышления, а не статистическим данным или компьютерной модели. В ней описывается, какие меры, по нашему мнению, необходимо сейчас предпринять. Наша глобальная модель World3 дает основания и для пессимистичной, и для оптимистичной оценки будущего. На этот счет мнения авторов разделились. Деннис и Йорген пришли к убеждению: грядущее снижение среднего уровня жизни уже неизбежно, и, вероятно, как мировой экономике, так и численности населения предстоит пережить упадок. Донелла же всю свою жизнь верила, что человечество научится предусмотрительности и достигнет нужного этического и организационного уровня, чтобы построить привлекательное и устойчивое общество. Но даже несмотря на различия в точках зрения, все мы сходимся в том, какие именно меры следует предпринять, и приводим их в гл. 8.

В первой части заключительной главы мы расставляем приоритеты, определяя, какие действия могут минимизировать вред, наносимый планете и обществу. Во второй части описываются пять инструментов, пять способов, которые могут помочь мировому сообществу перейти к самоподдержанию.

Независимо от того, что ждет нас в будущем, мы узнаем, к чему все идет в ближайшие двадцать лет. Мировая экономика уже настолько вышла за пределы устойчивости, что времени на детские фантазии о бесконечном мире уже не осталось. Мы знаем, что привести мир в устойчивое состояние — очень непростая задача. Для этого потребуются такие же фундаментальные изменения, какими в свое время были сельскохозяйственная и промышленная революции. Мы осознаем, как сложно решить проблемы нищеты и безработицы, ведь до сих пор рост был единственной надеждой человечества. Но мы также знаем, что полагаться на рост нельзя, поскольку его невозможно поддерживать бесконечно. Слепая вера в физический рост в ограниченном мире только ухудшает положение вещей. Возможны другие, лучшие пути решения наших проблем.

Практически все, что мы написали в «Пределах роста» 30 лет назад, остается правдой. Однако наука и общество за это время достигли нового уровня. Все мы многому научились, перед нами открылись новые перспективы. И статистические данные, и компьютер, и наш собственный опыт показывают, что возможных путей к устойчивому будущему со времен 1972 г. стало меньше. Уровень достатка, который мы могли бы обеспечить всем людям мира, прими мы оперативные меры, уже недостижим. Экосистемы, которые мы могли бы уберечь, уже исчезли. Ресурсы, которыми можно было бы поддерживать благосостояние будущих поколений, уже израсходованы. Однако еще остается множество доступных вариантов, и их можно воплотить в жизнь. На рис. 1.4 показано, как много у нас есть возможностей. Здесь изображены графики численности населения и уровня благосостояния, полученные в девяти основных компьютерных сценариях - мы приводим их в книге³.

Варианты возможного будущего включают в себя множество разных путей. Это может быть резкий спад и катастрофа, но это может быть и

постепенный переход к самоподдержанию. Среди вариантов нет только одного: бесконечного роста в физически ограниченном пространстве. Это просто невозможно — планета имеет физические пределы. Единственный реально возможный путь - привести потоки, поддерживающие существование человека, в соответствие с допустимыми уровнями. Либо мы сделаем это сами, сознательно, с помощью технических и организационных мер, либо природа сделает это за нас - наступит нехватка продовольствия, сырья, энергии или среда станет неблагоприятной для проживания.

В 1972 г. мы начали книгу «Пределы роста» цитатой из выступления У Тана (U Thant), тогдашнего генерального секретаря ООН:

«Я не хочу чрезмерно драматизировать ситуацию, но на основе информации, доступной мне как генеральному секретарю, я могу заключить, что у стран — членов ООН, возможно, осталось в запасе 10 лет на то, чтобы прекратить свои давние споры и наладить глобальное сотрудничество ради обуздания гонки вооружений, оздоровления окружающей среды, приостановки взрывного роста численности населения и придания необходимого импульса усилиям по обеспечению развития. Если такое сотрудничество не будет налажено в течение следующего десятилетия, я очень опасаясь, что перечисленные мной проблемы станут настолько непредсказуемыми, что полностью выйдут из-под нашего контроля»⁴.

Прошло больше 30 лет, а мировое сотрудничество так и не налажено. Человечество погружается в пучину проблем, которые уже вышли из-под контроля, — с этим сейчас соглашаются многие. Опасения генерального секретаря подтверждаются огромным количеством статистических данных и многими новейшими исследованиями.

В 1992 г. слова У Тана эхом отозвались в отчете «Предостережение человечеству от ученых мира» (“World Scientists* Warning to Humanity”), которое подписали более 1600 ученых из 70 стран мира, и среди них 102 лауреата Нобелевской премии:

«Человечество и природа находятся в состоянии конфликта. Человеческая деятельность наносит глубокий и часто непоправимый вред окру-

Численность населения

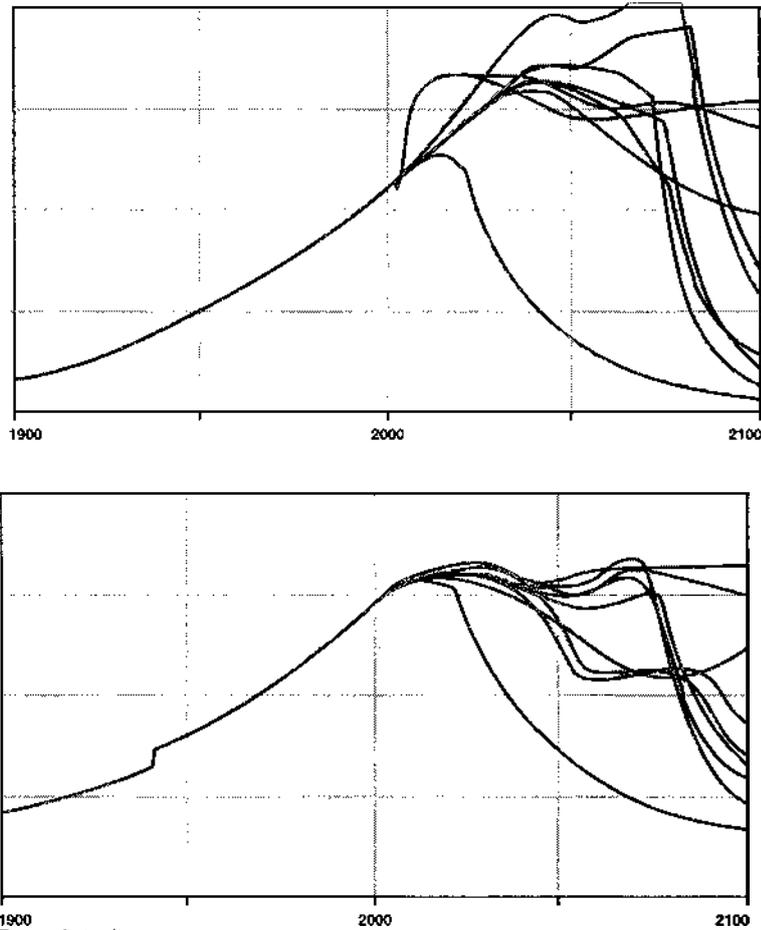


Рис. 1.4. Альтернативные сценарии: численность населения и уровень благосостояния

Уровень благосостояния

На рисунок наложены все основные сценарии модели World3, описанные в книге: это позволяет проиллюстрировать широкий диапазон вариантов развития по двум показателям — численности населения и среднему уровню жизни (в котором учитываются как доход на душу населения, так и другие индикаторы материального благосостояния). Большинство сценариев указывают на упадок, однако в некоторых из них обществу удастся достичь стабильной численности населения при высоком уровне благосостояния.

жающей среде и ключевым ресурсам. Если не взять это под контроль, под ударом окажутся и будущее человечества, и места обитания животных и растений. Мир изменится, в нем уже не будет жизни в том виде, в котором мы ее знаем. Если мы хотим избежать мирового кризиса, необходимо принимать срочные меры».⁵

Это предостережение поддержано даже в отчете, составленном в 2001 г. для Всемирного банка:

«...отмечена пугающая скорость деградации окружающей среды, причем в некоторых случаях она даже увеличивается... В развивающемся мире проблемы

окружающей среды приводят к тяжелым гуманитарным, экономическим и социальным последствиям и угрожают самим основам, от которых зависит рост и, в конце концов, выживание»⁶.

Был ли прав У Тан? Действительно ли существующие в мире проблемы уже полностью вышли из-под контроля? Или его заявление было опрометчивым? Может быть, правильным было заявление Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию, сделанное в 1987 г.? «Человечество способно сделать развитие устойчивым, чтобы нужды сегодняшнего поколения удовлетворялись, но не за счет способности будущих поколений удовлетворять их собственные нужды»⁷.

На эти вопросы никто не ответит однозначно и точно. Важно, чтобы каждый дал собственные ответы на них, обдуманные и хорошо обоснованные. Они нужны для того, чтобы каждый мог правильно интерпретировать происходящие события, каждый день принимать решения и воплощать их в жизнь.

Мы приглашаем всех присоединиться к обсуждению статистических данных, исследований и выводов, накопленных за прошедшие 30 лет и приведенных в этой книге. Тогда у каждого будет вся необходимая информация для того, чтобы сделать собственные выводы о будущем мира и принять собственные решения о том, как строить свою жизнь.

ГЛАВА 2

Движущая сила - экспоненциальный рост

К своему ужасу, я обнаружил, что по наивности не понимал смысла экспоненциальной функции... Даже зная о том, что взаимосвязанные явления — уменьшение биоразнообразия, уничтожение тропических лесов, отмирание верхушек деревьев в Северном полушарии и изменение климата — развиваются по экспоненте, я только в этом году, кажется, полностью осознал, как быстро приближается угроза, которую они несут.

Томас Э. Лавджой, 1988

Первая причина выхода за пределы - это рост, ускорение, быстрое изменение. Больше ста лет многие физические показатели мировой системы быстро росли. Например, численность населения, производство продовольствия, промышленное производство, потребление ресурсов, загрязнение окружающей среды — все эти показатели растут, и часто все быстрее и быстрее. Такое увеличение описывается функцией, которую математики называют показательной, или экспоненциальной.

Эта функция широко распространена. На рис. 2.1 и 2.2 показаны два совершенно разных примера — годовое производство сои в тоннах и численность городского населения в слаборазвитых регионах мира. Изменения погоды, экономические колебания, технические изменения, эпиде-

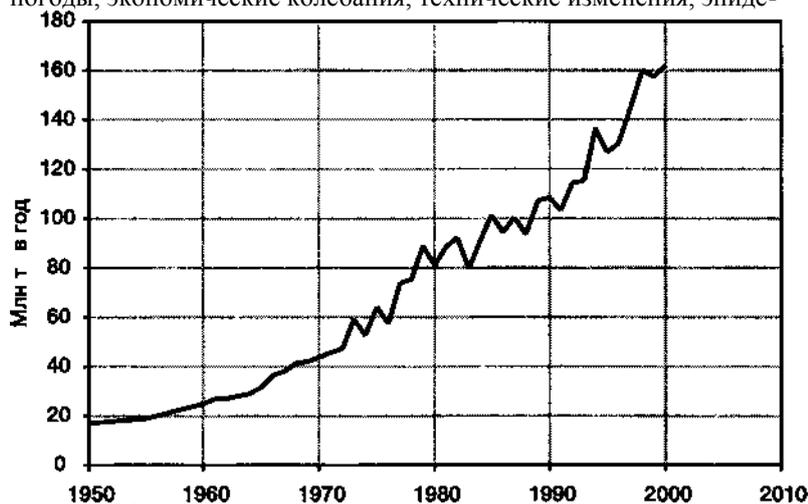


Рис. 2.1. Мировое производство сои
Мировое производство сои растет с 1950 г., время удвоения составляет 16 лет.
(Источники: Worldwatch Institute; FAO.)

мии или социальные потрясения могут приводить к появлению на графиках зубцов, небольших подъемов или понижений, но в целом экспоненциальный рост определяет общее поведение социально-экономической системы человечества со времен промышленной революции.

Этот вид роста имеет удивительные характеристики, из-за которых им чрезвычайно трудно управлять. Поэтому перед тем, как проанализировать

долговременные перспективы развития мира, дадим определение экспоненциального роста, опишем его причины и обсудим факторы, определяющие его развитие во времени. Физический рост на ограниченной планете не может продолжаться бесконечно. Вопрос в том, когда он закончится и какие силы заставят его остановиться? При каких условиях человечество и глобальная экосистема переживут его окончание? Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо понять структуру системы, которая ставляет численность населения и капитал постоянно стремиться к росту. Эта структура лежит в основе модели World3 и, как мы считаем, именно она определяет поведение мирового общества.

Математические основы экспоненциального роста

Возьмите салфетку или бумажное полотенце и сложите его пополам. Вы удвоили его толщину. Сложите его пополам еще раз. Первоначальная толщина увеличилась в четыре раза. Снова, в четвертый раз сложите его вдвое, и оно станет в 16 раз толще, чем было сначала. Его толщина составит около сантиметра.

Если сложить его вдвое еще 29 раз, то есть всего 33 раза, какова будет его толщина? Полметра? Метр? От 1 до 10 м? От 10 м до километра?

Конечно, вы физически не сможете вдвое сложить салфетку или бумажное полотенце 33 раза. Но если бы смогли, то итоговая толщина была бы больше 5400 км — больше, чем от Москвы до Байкала¹.

Это и есть экспоненциальный рост: удвоение, повторное удвоение и снова удвоение и т. д. Он примечателен тем, что способен достигать огромных значений за короткое время. Экспоненциально растущие параметры озадачивают нас, так как большинство людей воспринимает рост как линейный процесс. Величина растет линейно, если за постоянный период времени она возрастает на постоянную величину. Если бригада дорожных строителей каждую неделю укладывает один километр автомобильной дороги, то ее длина растет линейно. Если ребенок ежегодно кладет в копилку 7 долларов, то его сбережения увеличиваются линейно. Количество асфальта, укладываемого каждую неделю, не зависит от того, сколько уже было уложено к этому времени, и добавленная ребенком сумма тоже не зависит от того, сколько денег уже было к тому времени в копилке. Когда параметр растет линейно, *приращение за по-*

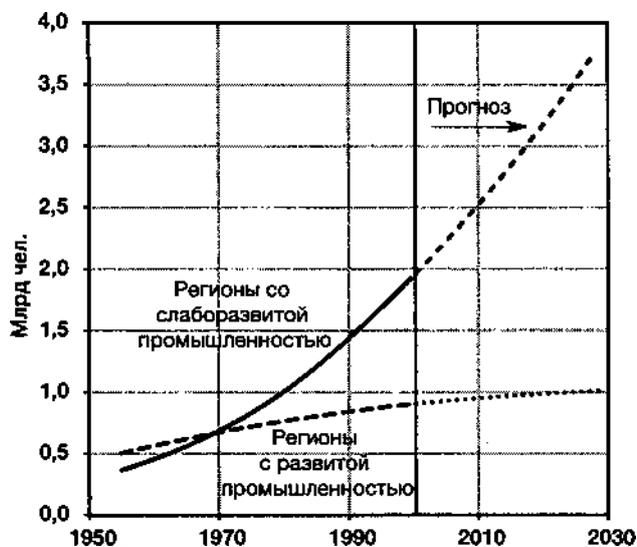


Рис. 2.2. Городское население в мире

За прошедшие 50 лет городское население экспоненциально увеличивалось в странах со слаборазвитой промышленностью и практически линейно — в промышленно развитых странах. Среднее время удвоения городского населения в странах со слаборазвитой промышленностью составляет 19 лет. Предполагается, что этот показатель сохранится в ближайшие несколько десятилетий. (Источник: UN.)

стойный период времени всегда одинаково, оно не зависит оттого, каким было само значение параметра в этот момент.

’ Величина растёт экспоненциально, если приращение пропорционально самой величине. Колония дрожжей, в которой каждая клетка делится на две каждые 10 минут, растёт экспоненциально. Из каждой клетки через 10 минут будет уже 2 клетки. Ещё через 10 минут их будет уже 4, ещё через 10 минут — 8, затем 16 и т. д. Чем больше клеток, тем больше новых клеток образуется в единицу времени. Прибыль компании, которая успешно увеличивает валовую выручку на определённый процент в год, через несколько лет экспоненциально вырастет. *Когда параметр растёт экспоненциально, приращение тоже растёт с течением времени, оно зависит от того, каково значение самого параметра в этот момент.*

Ключевое отличие экспоненциального роста от линейного можно проиллюстрировать на примере. Допустим, у вас есть 100 долларов. Вы можете положить деньги в банк и получать проценты (вклад с капитализацией процентов) или положить их в копилку и каждый год добавлять определённую сумму. Если вы внесли на счёт 100 долларов под 7% годовых с капитализацией, то есть добавлением процентов к сумме счёта, то вклад будет расти экспоненциально. Каждый год сумма будет прирастать

Доллары

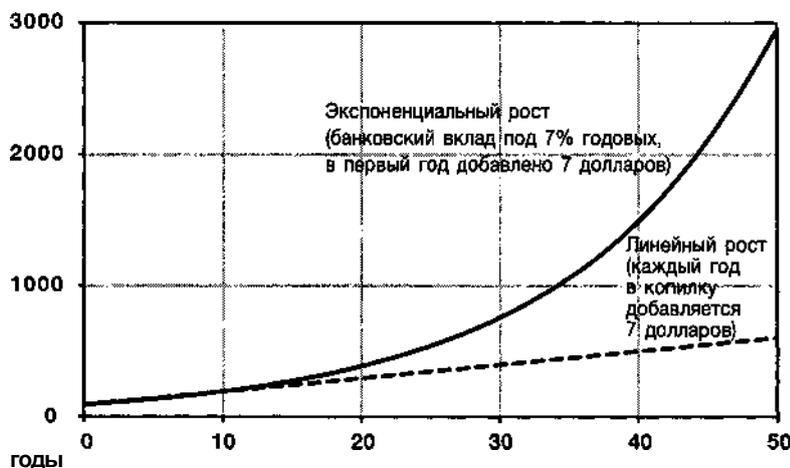


Рис. 2.3. Сравнение линейного и экспоненциального роста накоплений. Если положить 100 долларов в копилку и каждый год добавлять по 7 долларов, накопления растут линейно, как показано пунктирной линией. Если положить 100 долларов в банк под 7% годовых, сумма будет расти экспоненциально, со временем удвоения примерно Шлет.

на большую величину. Процент фиксирован — он по-прежнему составляет 7% в год, но в абсолютном выражении - в долларах - приращение будет увеличиваться ежегодно. В первый год приращение составит 7 долларов. Во второй год 7% будут рассчитываться уже от 107 долларов, приращение составит 7,49 долларов, и сумма вклада увеличится до 114,49. Годом позже приращение будет уже 8,01 доллар, а сумма вклада - 122,50. К концу десятого года на счете будет 196,72 доллара.

Если же вы положите 100 долларов в копилку и каждый год будете добавлять к ее содержимому по 7 долларов, сумма будет расти линейно. В конце первого года в копилке будет 107 долларов, точно так же, как и на счете в банке. Но в конце десятого года в копилке будет 170 долларов, то есть меньше, чем в банке, хотя разница не настолько велика, чтобы огорчаться.

Поначалу оба вида роста ведут себя похожим образом, но в один прекрасный момент взрывной характер экспоненциального роста себя проявит (рис. 2.3). Через 20 лет в копилке будет 240 долларов, тогда как на банковском счете почти 400 долларов. К концу тридцатого года линейный рост в копилке даст всего 310 долларов, а банковский вклад под 7% годовых будет располагать суммой в 761 доллар. За 30 лет экспоненциальный рост под 7% годовых обеспечил разницу в сравнении с линейным ростом больше чем вдвое, хотя стартовая сумма была одинаковой. В конце пятидесятого года сумма в банке будет в 6,5 раза больше, чем в копилке — разница составит почти 2500 долларов.

Удивительные результаты экспоненциального роста на протяжении столетий приводили людей в восхищение. Существует старая персидская легенда об одном мудром придворном, который подарил своему повелителю прекрасно отделанную шахматную доску, а взамен попросил дать ему

1 зернышко риса за первую клетку, 2 зернышка за вторую, 4 за третью и т. д.

Повелитель согласился и приказал нести рис из кладовых. Для четвертой клетки шахматной доски потребовалось 8 зерен, для десятой — 512, для пятнадцатой - 16 384, а для двадцать первой - уже больше миллиона. К сорок первой клетке число зерен превысило триллион (10^{12}). Чтобы расплатиться за все 64 клетки доски, не хватило бы всех запасов риса в мире.

Детская французская загадка иллюстрирует другую характерную черту экспоненциального роста — внезапность, с которой экспоненциально растущая величина достигает определенного предела. Предположим, у вас есть пруд, в котором растет одна кувшинка. Каждый день число кувшинок удваивается. Если позволить им расти бесконтрольно, за 30 дней они покроют всю поверхность пруда, уничтожив в нем все другие формы жизни. Но поначалу кажется, что кувшинок не так уж и много, так что они не вызывают у вас беспокойства, по крайней мере пока не заполонят половину пруда. На какой день это произойдет и сколько времени у вас будет, чтобы спасти пруд?

На спасение пруда у вас будет всего один день, потому что кувшинки покроют половину поверхности на 29-й день. На следующий день, после финального удвоения, пруд будет покрыт ими полностью. Это только поначалу кажется разумным отложить принятие мер до того момента, когда пруд будет закрыт кувшинками наполовину. На 21 -й день растения покрывают примерно 0,2% поверхности. На 25-й день закрыто 3% зеркала воды. И все равно при таком подходе на спасение пруда у вас будет всего один день².

Из этого примера видно, каким образом экспоненциальный рост в сочетании с запаздыванием реакции может привести к выходу за пределы. Поначалу долгое время рост кажется незначительным, никто и не думает, что это может вызвать какие-то проблемы. Но затем он становится все быстрее и быстрее, пока за последние одно-два удвоения время на реагирование не истечет. В развитии событий в пруду с кувшинками за последний день не происходит никаких принципиальных изменений, процент роста был постоянным весь месяц, от начала и до конца. Просто получается, что в определенный момент экспоненциальный рост набирает такую силу, что справиться с ним уже невозможно.

Особенности экспоненциального роста, его переход от незначительных величин к выходу за пределы можно попробовать на себе. Представьте себе, что вам надо съесть один орешек в первый день месяца, два — во второй день, четыре - в третий и т. д. Сначала вы покупаете и едите орехи по чуть-чуть. Но задолго до конца месяца у вас уже будут проблемы с желудком и состоянием банковского счета. Сколько вы сумеете продержаться, соблюдая экспоненциальную зависимость? На десятый день вам надо будет съесть примерно полкило орехов. А на тридцатый день месяца, чтобы соблюсти принцип удвоения, вам придется купить и съесть

больше 500 т!

История с орехами не приведет к тяжелым последствиям по той простой причине, что в один прекрасный день вы окинете взглядом горку орехов, которую вам явно не съесть, и прекратите этот эксперимент. В этом примере нет существенных задержек между действием и его последствиями.

Величина, растущая в соответствии с простой экспоненциальной зависимостью, удваивается за фиксированный период времени. Для колонии дрожжей время удвоения составляло 10 минут. Для банковского вклада под 7% годовых — примерно 10 лет. Для кувшинок в пруду и эксперимента с орехами — ровно один день. Существует простая зависимость между процентом прироста и временем удвоения. Время удвоения приблизительно равно числу 72, деленному на процент прироста.³ Это иллюстрирует табл. 2.1.

Чтобы проиллюстрировать, к чему приводит постоянное удвоение, рассмотрим пример Нигерии. В 1950 г. численность населения Нигерии составляла порядка 36 млн чел. В 2000 г. она составляла уже 125 млн. За вторую половину XX в. население Нигерии выросло практически в четыре раза. В 2000 г. ежегодный прирост составлял примерно 2,5%⁴. Время удвоения, рассчитанное как частное 72 и 2,5, составляет примерно 29 лет. Если такие темпы роста сохранятся, население Нигерии будет изменяться в соответствии с табл. 2.2.

Таблица 2.1. Время удвоения

Скорость роста, % в год	Приблизительное время удвоения, годы
0,1	72
0,5	144
1,0	72
2,0	326
3,0	24
4,0	18
5,0	14
6,0	12
7,0	10
10,0	7

Таблица 2.2. Рост численности населения Нигерии (экстраполяция)

Год	Численность населения, млн чел.
2000	125
2029	250
2058	500
2087	1000

Ребенок, родившийся в Нигерии в 2000 г., вступил в общество, в котором в 4 раза больше людей, чем было в 1950 г. Если рост сохранит те же темпы после 2000 г., а этому ребенку удастся прожить 87 лет, то ему предстоит увидеть население, увеличившееся еще в 8 раз. Тогда в конце XXI в. на каждого нигерийца, жившего в 2000 г., будет приходиться 8 человек, а на каждого жившего в 1950 г. — 28. В Нигерии тогда будет больше мил-

лиарда жителей!

Нигерия — всего лишь одна из многих стран, страдающих от голода и деградации окружающей среды. Разумеется, страна не выдержит увеличения населения еще в 8 раз. Расчеты, которые мы привели в табл. 2.2, призваны показать характер явления удвоения и продемонстрировать, что *экспоненциальный рост в ограниченном пространстве с ограниченными ресурсами ни при каких условиях не может продолжаться вечно.*

Тогда почему современный мир основан на таком росте? И как его можно остановить?

Примеры экспоненциального роста

Экспоненциальный рост может происходить в двух случаях: если растущий объект воспроизводит сам себя или его рост обусловлен чем-то, что воспроизводит само себя.

Все живые организмы, от бактерий до человека, попадают в первую категорию, то есть новые существа воспроизводятся подобными. Структуру системы самовоспроизводства популяции можно отобразить так, как показано на рис. 2.4.

Эту схему мы построили в соответствии с правилами системной динамики, нашей научной области, позволяющей получить точные результаты. Прямоугольник со словами «популяция дрожжей» отображает *уровень* — накапливаемый параметр, результат увеличения или уменьшения популяции дрожжей. Стрелками показаны причинные связи или влияния, которые могут принимать самые разные формы. На схеме верхняя стрелка отображает физический поток, приток новых дрожжевых клеток, который увеличивает уровень — дрожжевую популяцию. Стрелка, направленная вниз, иллюстрирует информационное влияние и показывает, что на приток новых клеток влияет значение уровня — число уже су-

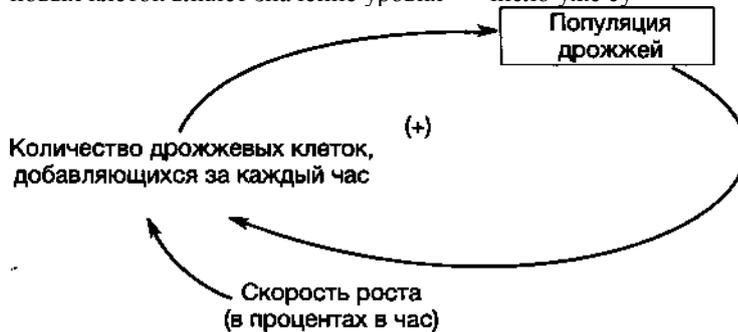


Рис. 2.4. Контур обратной связи при росте популяции дрожжей существующих клеток. Чем выше уровень, тем больше образуется новых клеток, если скорость роста не изменится. (В реальной жизни, конечно же, есть факторы, которые влияют на скорость роста. Но для упрощения на этой схеме они опущены. Мы к этому еще вернемся).

Знак плюс (+) в центре кольца означает, что стрелки образуют *положительный, или усиливающий контур обратной связи.* Положительная обратная связь — это замкнутая последовательность причинно-следст-

венных связей, в которой изменение любого элемента приводит к цепочке результатов, которые, в свою очередь, приводят к еще большему изменению исходного элемента в том же направлении. Увеличение приведет к еще большему увеличению, уменьшение — к дальнейшему уменьшению.

В системной динамике название «положительная обратная связь» вовсе не обязательно означает, что она дает положительные, благоприятные для нас результаты. Просто исходное воздействие будет *усилено* системой. Аналогичным образом «отрицательные обратные связи», о которых вскоре пойдет речь, не обязательно дают негативные результаты. На самом деле они часто оказывают стабилизирующее влияние. Их «отрицательность» выражается лишь в том, что они *противодействуют* исходному влиянию и стремятся его *компенсировать*.

Положительная обратная связь может работать как во благо, так и во вред, в зависимости от того, желателен генерируемый ею рост или нет. Такая связь вызывает, например, рост дрожжей при выпечке хлеба, рост суммы на банковском счете и т. п. В этом случае она желательна. Однако данная связь может также приводить, в частности, к вспышке численности насекомых-вредителей, уничтожающих посевы, или к размножению вируса гриппа в горле человека. Это примеры нежелательных последствий.

Каким бы ни был уровень параметра, если он вовлечен в контур положительной обратной связи, значит, *потенциально* он будет подвержен экспоненциальному росту. Это не обязательно означает, что он будет расти экспоненциально; имеется в виду, что у данного параметра есть *склонность* к такому росту, и при отсутствии препятствий она может проявиться. Росту может препятствовать множество вещей, от нехватки питательных веществ (в случае с дрожжевой культурой), низкой температуры и присутствия других живых организмов (в случае насекомых-вредителей) до наличия или отсутствия инициативы, целей, желаний, потрясений и катаклизмов, болезней и эпидемий (здесь уже речь идет о человеке). Темпы роста могут меняться со временем, они могут быть разными в разных частях света. Но все эти примеры роста — дрожжей, вредителей, населения — при отсутствии препятствий будут развиваться по экспоненте.

По экспоненте может расти и промышленный капитал. Машины и заводы выпускают другие машины и заводы. Metallургический комбинат может производить металл для постройки новых metallургических комбинатов. На заводе по производству крепежных изделий изготавливают гайки и болты, которые будут использованы в станках, производящих крепежные изделия. Любая коммерческая деятельность направлена на получение прибыли, которая инвестируется в расширение коммерческой деятельности и увеличение прибыли. И физический, и финансовый капитал производят еще больший капитал, такова современная индустриальная экономика, ориентированная на рост и самовоспроизводство.

Не случайно в индустриальном мире принято выражать рост экономики в процентах - например, ежегодный прирост может составлять 3%.

Ожидание такого прироста основано на многовековом опыте наращивания капитала за счет его самовоспроизводства. Сохранять прибыль и инвестировать ее в будущее стало привычным делом — определенная доля прибыли вкладывается в расширение бизнеса, чтобы прибыль в будущем стала еще больше. Экономика будет расти экспоненциально до тех пор, пока самовоспроизводство капитала не ограничится изменившимся спросом, доступностью рабочей силы, количеством сырья, энергии, уровнями инвестиций или какими-либо другими факторами, которые могут препятствовать росту в сложной промышленной системе. Как и численность населения, капитал участвует в системной структуре (с положительной обратной связью), которая демонстрирует экспоненциальный рост. Экономика растет не всегда и не везде, как и численность населения, но в их внутренней структуре заложен рост, и когда у них появляется такая возможность, они растут по экспоненте.

В нашей жизни существует еще масса факторов, в которых заложена тенденция к экспоненциальному росту. Насилие может распространяться по экспоненте, коррупция подпитывает сама себя. Изменение климата тоже сопряжено с несколькими положительными обратными связями. Например, выбросы парниковых газов в атмосферу приводят к повышению глобальной температуры, что ускоряет таяние в областях вечной мерзлоты. Тундра при оттаивании высвобождает связанный метан, который является сильным парниковым газом, и это может привести к дальнейшему росту глобальной температуры. Некоторые положительные обратные связи в явном виде включены в модель World3. Так мы смоделировали факторы, определяющие плодородие почв. Кроме того, различные технологии растут по экспоненте, и это проанализировано в гл. 7. Тем не менее определяющими мы считаем процессы роста численности населения и промышленного капитала, именно они ответственны за выход мирового сообщества за пределы и именно на них мы и сосредоточимся.

Численность населения и промышленный капитал в современном обществе играют роль генераторов экспоненциального роста. Другие факторы — например, производство продовольствия, использование ресурсов и выбросы загрязнений — имеют тенденцию к экспоненциальному росту не потому, что они сами себя воспроизводят, а вследствие того, что их к этому *вынуждает* рост населения и капитала. Они не участвуют в собственных контурах положительной обратной связи и не самовоспроизводятся: пестициды, попавшие в грунтовые воды, не создают другие пестициды, а залегающий под землей каменный уголь не производит еще больше каменного угля. С физической и биологической точек зрения выращивание на одном гектаре 6 т пшеницы вовсе не приведет к выращиванию на том же гектаре 12 т пшеницы, если только в процесс не вовлекутся новые технологии и знания. На самом деле удвоение производства продовольствия или добычи полезных ископаемых не только не становится от раза к разу легче, а наоборот, с течением времени сделать это все труднее.

Таким образом, производство продовольствия и использование сырья и энергии растет экспоненциально вовсе не из-за их внутренней структуры, а только из-за того, что рост населения и экономики требует все больше продовольствия, сырья и энергии, и до сих пор эти требования удавалось удовлетворять. Аналогичным образом, загрязнения и отходы увеличиваются не из-за того, что в них структурно заложен экспоненциальный рост, а вследствие того, что в экономику вовлекается все больше сырья и энергии.

Основные положения модели World3 — заложенная в структуре капитала и численности населения способность к экспоненциальному росту. Эти положения появились не произвольно, они подкрепляются наблюдением за показателями социально-экономической системы и их изменениями на протяжении истории. Рост населения и капитала генерирует рост экологической нагрузки, и так будет продолжаться до тех пор, пока не случится радикальное изменение в потребительских привычках и не наступит существенный рост эффективности использования ресурсов. До сих пор изменений нет ни в том, ни в другом. Численность населения, производственный капитал, а также поддерживающие их потоки энергии и сырья росли по экспоненте как минимум в течение столетия, хотя нельзя сказать, что рост этот всегда был плавным или что на него не влияли другие контуры обратной связи. Мир представляет собой сложную систему. Но и модель World3 тоже сложная, и в этом можно будет убедиться.

Рост численности населения мира

В 1650 г. численность населения земного шара составляла около полу-миллиарда человек при годовых темпах роста порядка 0,3%, что соответствует времени удвоения около 240 лет.

К 1900 г. численность населения достигла 1,6 млрд человек, а годовой прирост увеличился до 0,7—0,8%, что эквивалентно времени удвоения порядка 100 лет.

К 1965 г. на Земле было уже 3,3 млрд людей. Темпы роста увеличились до 2% в год, а это означает, что население удваивается каждые 36 лет. Получается, что с 1650 г. население растет не просто экспоненциально, а *сверхэкспоненциально*, то есть сама скорость роста увеличивается. Причина такого роста была счастливой: существенно уменьшилась смертность. Рождаемость тоже снижалась, но медленнее; в итоге население увеличилось.

После 1965 г. смертность продолжала падать, но рождаемость стала снижаться опережающими темпами (рис. 2.5). В итоге, хотя население за этот период возросло с 3,3 млрд человек до более чем 6 млрд в 2000 г., скорость роста при этом снизилась с 2 до 1,2% в год⁵.

Уменьшение скорости роста населения удивляет само по себе и свидетельствует о том, что в культуре происходят глубокие изменения. Это позволяет людям самим выбирать размер семьи, а изменения в технологиях (в том числе медицинских) облегчают им эту задачу. Среднее по миру

количество детей в расчете на одну женщину уменьшилось с 5 (1950-е гг.) до 2,7 (1990-е гг.). В Европе на рубеже XXI в. на одну семью в среднем приходилось 1,4 ребенка, а это существенно меньше, чем необходимо для простого воспроизводства населения⁶. Население Европы постепенно уменьшается: если в 1998 г. оно составляло 728 млн, то в 2025 г. предположительно снизится до 715 млн⁷.

Снижение фертильности вовсе не означает, что рост мирового населения прекратился или перестал быть экспоненциальным. Это всего лишь свидетельствует, что время удвоения увеличилось (с 36 лет при годовом темпе роста 2% до 60 лет при темпе роста 1,2%). Оно может и еще

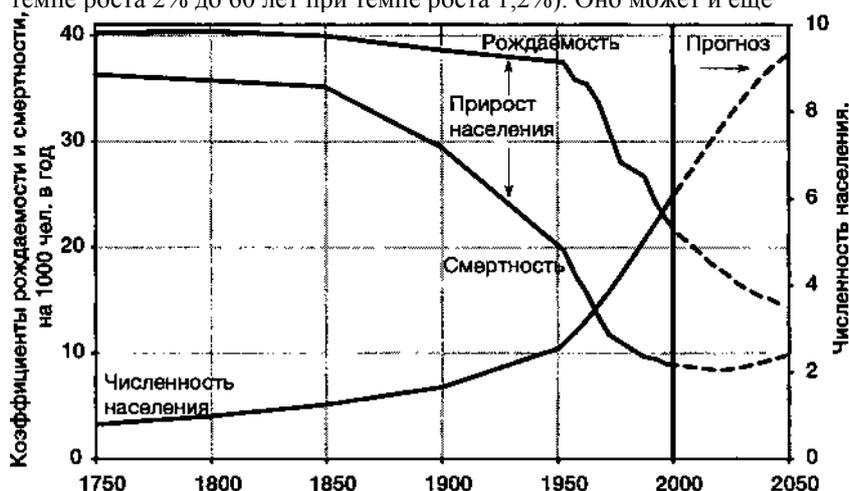


Рис. 2.5. Динамика населения мира

Разница между рождаемостью и смертностью определяет скорость, с которой растет население. Примерно до 1965 г. средний коэффициент смертности снижался быстрее, чем коэффициент рождаемости, поэтому скорость роста численности населения увеличивалась. С 1965 г. средний коэффициент рождаемости снижался быстрее, чем коэффициент смертности, поэтому скорость роста населения уменьшилась — хотя сам рост продолжает оставаться экспоненциальным. (Источник: UN.)

возрасти. Суммарный прирост населения планеты в 2000 г. все равно больше, чем в 1965 г., несмотря на то, что темпы роста упали. Таблица 2.3 объясняет, почему так получается: меньший процент в 2000 г. рассчитывается от большей численности населения.

Годовой прирост населения мира перестал увеличиваться в конце 1980-х гг. Однако увеличение численности населения на 75 млн в 2000 г. эквивалентно появлению девяти новых Нью-Йорков. Если учесть, что рост населения сосредоточен в основном в странах Юга, правильнее будет сказать, что за год к населению мира добавились еще одни Филиппины, примерно десять Пекинов или шесть Калькутт. Даже по самым оптимистичным прогнозам, предполагающим скорое снижение рождаемости, нас все равно ожидает продолжение роста населения, особенно в странах с менее развитой промышленностью (рис. 2.6).

Основная структура, определяющая изменение численности населе-

ния, рассмотрена далее на рис. 2.7.

Слева на рисунке показана положительная обратная связь, которая генерирует экспоненциальный рост. Чем больше численность населения, тем больше людей рождается каждый год. Справа изображена отри-

Год	Численность населения, млн чел.	X	Темп роста (%вгод)		Прирост населения (млн чел. в год)
1965	3,330	X	2,03	=	68
1970	3,690	X	1,93	=	71
1975	4,070	X	1,71	=	70
1980	4,430	X	1,70	=	75
1985	4,820	X	1,71	=	82
1990	5,250	X	1,49	:	78
1995	5,660	X	1,35	-	76
2000	6,060	X	1,23	-	75

(Источник: UN.)

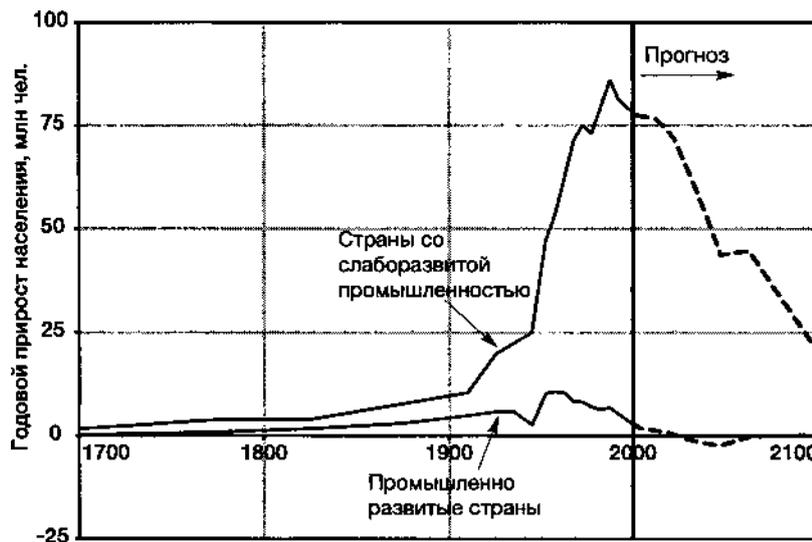


Рис. 2.6. Годовой прирост населения мира
До недавнего времени годовой прирост населения увеличивался. По прогнозам ООН прирост вскоре резко уменьшится вследствие предполагаемого резкого уменьшения рождаемости в странах со слаборазвитой промышленностью.
(Источники: UN; D. Vogue.)

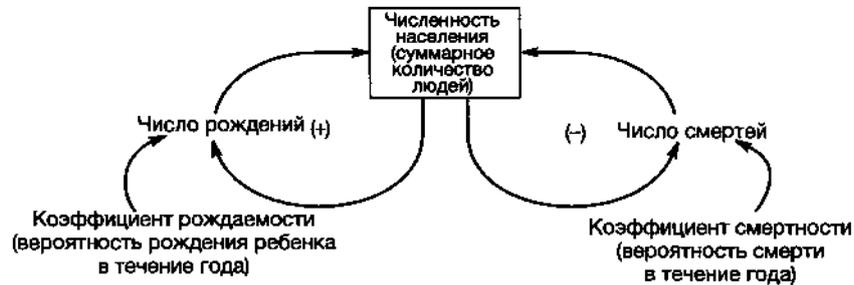


Рис. 2.7. Контуры обратных связей рождаемости и смертности *цательная обратная связь*. В то время как положительные контуры генерируют неудержимый рост, отрицательные контуры стремятся этот рост обуздать, удержать систему в приемлемых рамках, вернуть ее к устойчивому состоянию, в котором уровни имеют более или менее постоянные значения. Отрицательная обратная связь порождает такие последствия, которые заставляют изменившийся элемент вернуться к исходному состоянию; претерпеть изменения, *противоположные* начальному.

Количество смертей, произошедших за год, равно произведению суммарной численности населения на средний коэффициент смертности - среднюю вероятность смерти. Количество рождений равно произведению суммарной численности населения на средний коэффициент рождаемости. Скорость роста населения равна разности между коэффициентами рождаемости и смертности. Разумеется, эти коэффициенты не постоянны. Они зависят от состояния окружающей среды, от экономических и демографических факторов — уровня доходов, образования, здравоохранения, программ по планированию семьи, религиозных особенностей, уровня загрязнения, возрастной структуры населения и т. п.

В модель World3 заложена широко распространенная теория, описывающая взаимосвязь между рождаемостью, смертностью и изменением скорости роста населения, — она называется «демографический переход». Согласно этой теории в доиндустриальных обществах высоки и коэффициент рождаемости, и коэффициент смертности, поэтому население растет медленно. С улучшением питания и развитием здравоохранения смертность уменьшается. Коэффициент рождаемости остается высоким еще одно-два поколения, и за счет разницы между рождаемостью и смертностью в этот период происходит быстрый рост численности населения. Затем, по мере того как стиль жизни приближается к уровню индустриального общества, уменьшается и коэффициент рождаемости, и тогда скорость роста снижается.

На рис. 2.8 отображены статистические данные по шести разным странам. На графиках хорошо видно, что в странах, где промышленность стала развитой давно (как, например, в Швеции), коэффициенты смертности и рождаемости уменьшаются очень медленно. Разница между ними никогда не была значительной; население никогда не росло со скоростью

более 2% в год. За весь период демографического перехода в большинстве стран Севера население выросло максимум в 5 раз. К 2000 г. очень немногие из промышленно развитых стран имели коэффициент рождаемости выше, чем необходимо для простого воспроизводства, а у большинства даже постепенно началось снижение численности населения. А в тех странах, где отмечен рост, происходило это в основном за счет иммиграции либо особенностей возрастного распределения (когда в репродуктивный возраст вступает больше молодежи, чем за тот же период из этого возраста выходит представителей старшего поколения), либо за счет обоих этих факторов.

В странах Юга, где коэффициент смертности стал снижаться позже и резко, между смертностью и рождаемостью разница была очень велика. В этих регионах мира скорости роста населения были гораздо больше, чем когда-либо в странах Севера (за исключением Северной Америки, которая приняла огромное количество иммигрантов из Европы). Численность населения многих стран Юга выросла в 10 раз и продолжает увеличиваться. Здесь демографические переходы еще очень далеки от завершения.

Демографы не пришли к единому мнению в отношении причин, по которым демографический переход увязывается с индустриализацией. Движущие факторы гораздо сложнее, чем простое увеличение доходов. На рис. 2.9 показана зависимость между доходом на душу населения (валовой национальный доход⁸ на душу населения в год) и рождаемостью в разных странах мира. В правой части графика четко видна зависимость между высокими доходами и низкой рождаемостью. Однако в самой левой части графика, в области минимальных доходов, так же четко видны исключения из этой зависимости. Например, в Китае для его уровня доходов рождаемость чрезвычайно низка. В некоторых странах Ближнего Востока и Африки при относительно высоких уровнях доходов наблюдается чрезвычайно высокий коэффициент рождаемости.

Предполагается, что снижение рождаемости *напрямую* зависит не от уровня материального благосостояния, а, скорее, от его влияния на семейный уклад и, особенно, на положение женщин. Такие факторы, как уровень образования и занятости (особенно для женщин), программы планирования семьи, низкая детская смертность, относительно равномерное распределение доходов и равенство возможностей, оказываются

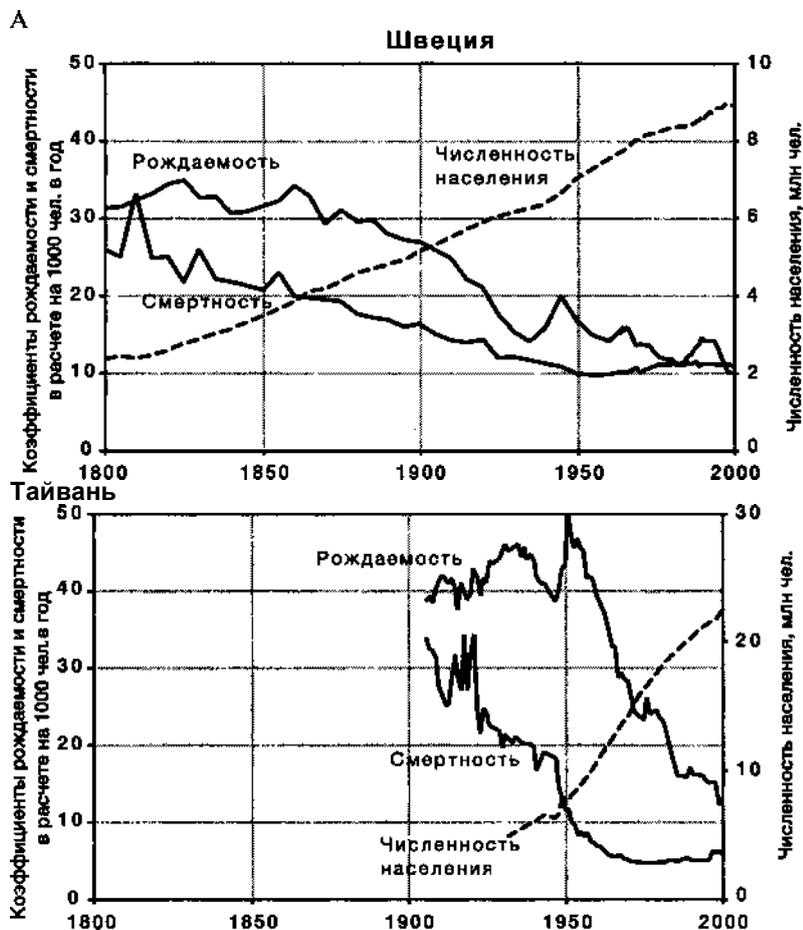
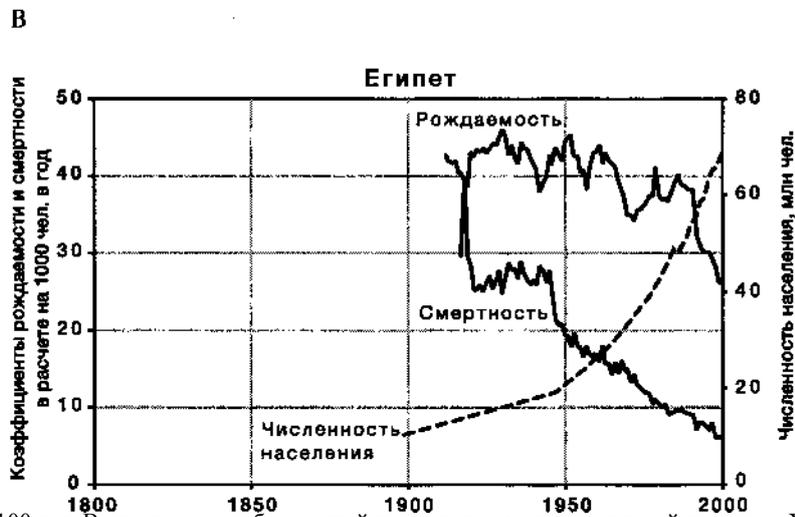


Рис. 2.8. Демографический переход в промышленно развитых странах (А) и странах со слаборазвитой промышленностью (В)
 При демографическом переходе сначала снижается коэффициент смертности, и лишь затем коэффициент рождаемости. Демографический переход в Швеции занял около 200 лет, при этом разница между коэффициентами рождаемости и смертности никогда не была большой. За все это время численность населения Швеции выросла меньше чем в пять раз. Япония — пример страны, в которой переход совершился меньше чем за



100 лет. В странах со слабо развитой промышленностью во второй половине XX в. разница между коэффициентами рождаемости и смертности была гораздо больше, чем когда-либо наблюдалось в промышленно развитых странах. (Источники: N. Keyfitz and W. Flieger; J. Chesnais; UN; PBR; UK ONS; Republic of China.)

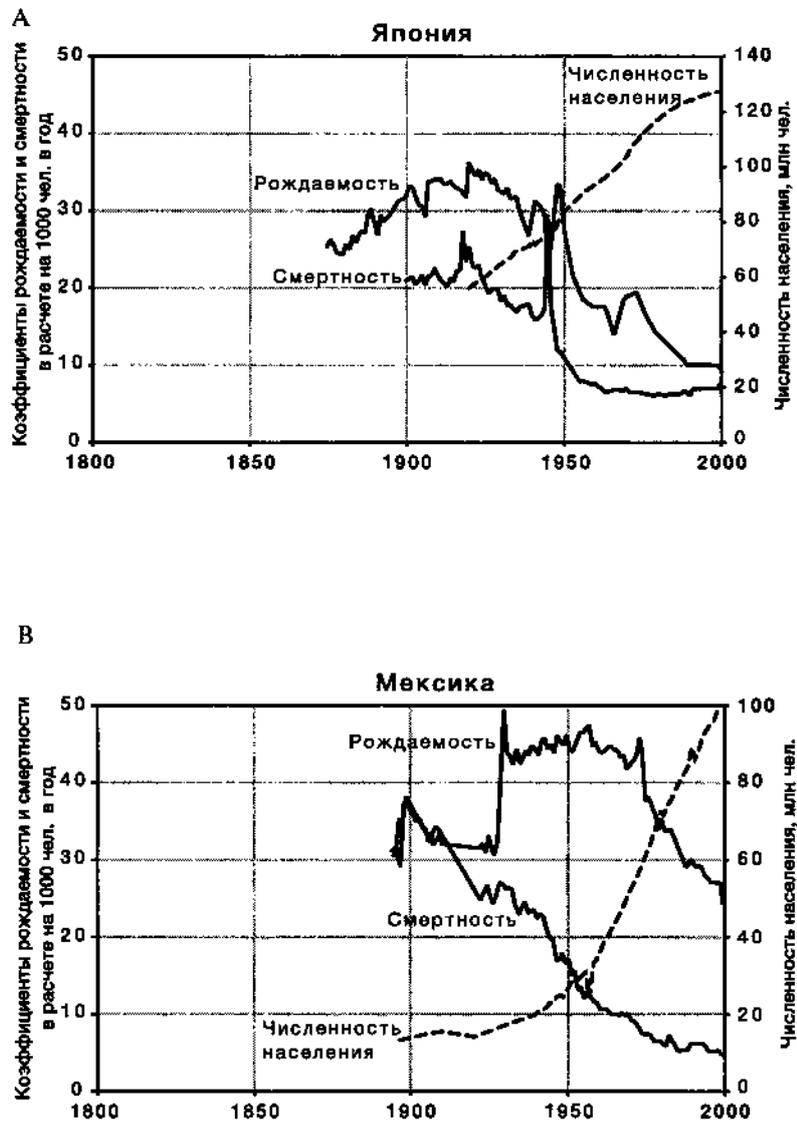


Рис. 2.8 (окончание). Демографический переход в промышленно развитых странах (А) и странах со слаборазвитой промышленностью (В)

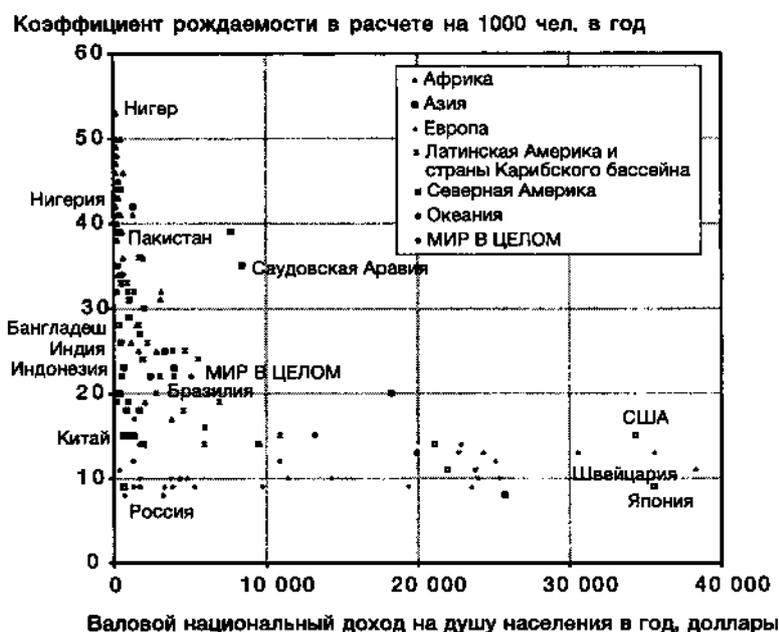


Рис. 2.9. Коэффициент рождаемости и валовой национальный доход на душу населения в 2001 г.

С ростом уровня благосостояния в обществе коэффициент рождаемости постепенно снижается. В беднейших странах мира он составляет от 20 до 50 рождений на 1000 чел. в год. Ни в одной из богатых стран мира коэффициент рождаемости не превышает 20. (Источники: PRB; World Bank.)

более важными, чем валовой внутренний доход на душу⁹. В Китае, Шри-Ланке, Коста-Рике, Сингапуре, Таиланде, Малайзии и некоторых других странах с высоким уровнем грамотности, относительно развитым здравоохранением и продуманными программами планирования семьи, доступными практически каждому, коэффициент рождаемости снизился даже при сравнительно скромном уровне доходов.

В модели World3 учтено много факторов, влияющих на рождаемость. Мы предполагаем, что более развитая экономика позволяет обеспечить лучшее питание и здравоохранение, снижая смертность, и что планирование семьи и падение детской смертности позволяют уменьшить рождаемость. Мы предполагаем, что в индустриальном обществе желаемый размер семьи становится меньше, поскольку за определенный (продолжительный) период времени затраты на то, чтобы вырастить ребенка, увеличиваются, а немедленное экономическое преимущество родителей от появления в семье нового члена практически исчезает. Мы предполагаем, что увеличение краткосрочных доходов дает возможность семьям позволить себе большее число детей, в то время как замораживание краткосрочных доходов обеспечивает обратный эффект.¹⁰

Другими словами, в модели заложен и обычно имеет место продол-

жизненный демографический переход, на котором отражаются небольшие краткосрочные эффекты от увеличения или уменьшения доходов. Сначала склонность численности населения к экспоненциальному росту усиливается, а затем становится умеренной в результате специально принимаемых мер, влияния технологий, предоставления новых возможностей, появления традиций индустриального общества.

В «реальном мире» на пороге тысячелетий численность населения продолжает расти экспоненциально, хотя скорость роста снизилась. Причины этого сложнее, чем в отношении дохода на душу населения. Нельзя сказать, что экономический рост автоматически гарантирует рост уровня благосостояния, большую свободу выбора для женщины или снижение уровня рождаемости. Однако он может помочь достижение этих целей. За некоторыми изветными исключениями, наиболее низкие коэффициенты рождаемости в мире встречаются в основном в самых богатых странах. Поэтому вдвойне важно понять причины и следствия экономического роста в мире и в модели World3.

Мировой промышленный рост

Публичные дискуссии на экономические темы обнаруживают массу противоречий, большинство из которых происходит из-за недопонимания различия между деньгами и реальными вещами, для которых нужны эти деньги¹¹. Это различие нужно четко определить. На рис. 2.10 показано, как мы описываем материальную экономику в модели World3, как поясняем это в нашей книге и как, надеемся, и нужно представлять себе экономику в условиях существующих естественных пределов. Особое внимание мы уделяем *физической экономике*, реальным вещам и факторам, на которые распространяются физические пределы Земли, а не *денежной экономике*, которая на самом деле является социальным изобретением и с физическими законами планеты ничего общего не имеет.

Под *промышленным капиталом* мы понимаем реально существующее оборудование — машины и фабрики, производящие продукцию. (Разумеется, с помощью рабочей силы, энергии, сырья, территорий, воды, технологий, финансов, управления, способностей природных экосистем и биогеохимических потоков на планете. К этим факторам производства мы еще вернемся в следующей главе.) Поток реальной продукции (потребительских товаров и средств производства), произведенной с помощью промышленного капитала, мы называем *промышленной продукцией*.

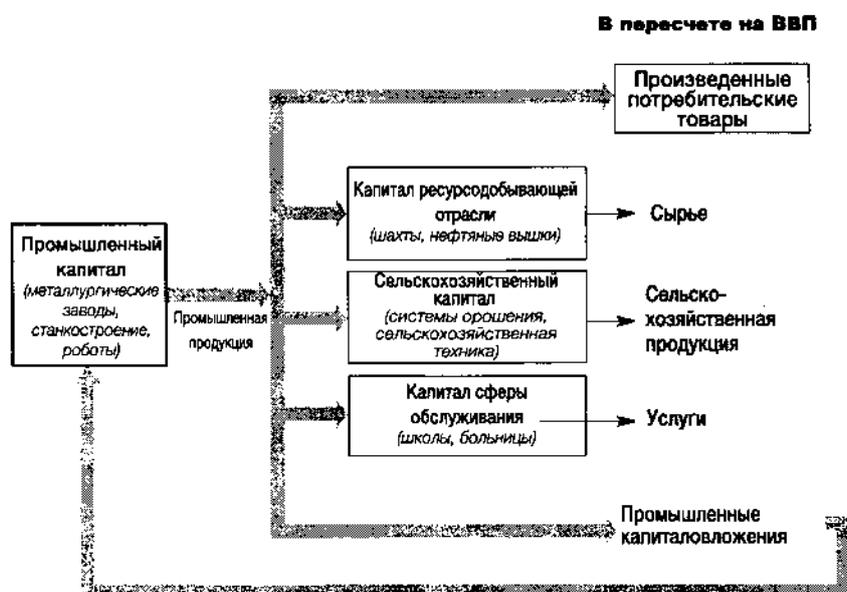


Рис. 2.10. Потоки физического капитала в экономической системе модели Wbrld3

Производство и распределение промышленной продукции — основа поведения имитационной экономической модели World3. Объемы промышленного капитала определяют, сколько промышленной продукции можно произвести каждый год. Эта продукция распределяется по пяти направлениям в зависимости от задач и потребностей населения. Часть промышленного капитала идет на потребление; часть направляется в ресурсодобывающую отрасль, чтобы обеспечить систему необходимым сырьем; часть направляется в сельское хозяйство для обработки земель и повышения урожайности; часть инвестируется в сферу услуг, а остальное реинвестируется в промышленность, чтобы компенсировать амортизацию и нарастить величину самого промышленного капитала.

Некоторая часть промышленной продукции имеет вид оборудования, зданий для школ, больниц, банков, розничных магазинов. В этом случае мы говорим, что капитал направляется в сферу услуг. *Капитал сферы услуг* производит свою собственную продукцию, она не материальна, но имеет реальную ценность — например, услуги по охране здоровья или получению образования.

Другая часть промышленной продукции направляется в *сельское хозяйство* в виде тракторов, элеваторов, систем орошения, комбайнов — которые, в свою очередь, производят сельскохозяйственную продукцию, в основном продовольствие и растительные волокна (хлопок).

Еще одна часть промышленной продукции принимает форму нефтяных вышек, скважин, шахтного оборудования, магистральных трубопроводов, насосов, танкеров, нефтеперегонных заводов, плавильных печей... Все это — *ресурсодобывающая отрасль*, она обеспечивает поток сырья и энергии, необходимых для обеспечения работы всех других отраслей и типов капитала.

Часть промышленной продукции приобретает вид *потребительских товаров* — ткани, автомобили, радиоприемники, холодильники, жилые дома... Количество потребительских товаров на душу населения — важный показатель материального благосостояния.

Наконец, часть продукции производится в форме *промышленного капитала*. Можно называть это инвестициями - металлургические заводы, электростанции, станки и другое оборудование, которое нужно для того, чтобы компенсировать старение и выход из строя действующего оборудования, а также увеличить объем промышленного капитала, что в будущем позволит получить еще больше промышленной продукции.

Все, что мы перечислили, имеет физическое воплощение, это не денежные потоки, а реальные вещи. Роль денег в мире сводится к тому, чтобы передать информацию об относительной стоимости и ценности этих реальных вещей (что определяется производителями и потребителями с помощью рынка). Деньги выступают в качестве посредников и стимулируют потоки физического капитала и продукции. Годовой объем физической продукции в виде товаров и услуг (в денежном выражении), показанный на рис. 2.10, - ни что иное, как валовой внутренний продукт, (ВВП).

ВВП будет появляться на многих рисунках и в таблицах, поскольку мировые экономические показатели обычно имеют денежное выражение, а не физическое. Но нас интересует именно физический смысл, кроющийся в понятии ВВП: реальные уровни капитала, промышленные товары, услуги, ресурсы, сельскохозяйственная продукция и потребительские товары. Именно они, а не доллары, приводят в движение экономику и общество. Именно они, а не доллары, извлекаются нами из окружающей среды и рано или поздно возвращаются туда же — в почву, воду или воздух.

Уже отмечалось, что промышленный капитал за счет самовоспроизводства способен расти экспоненциально. Структура обратных связей, обеспечивающая такое самовоспроизводство, похожа на структуру, определяющую численность населения.

Определенное количество промышленного капитала (заводы, грузовики, компьютеры, электростанции) может произвести в год определенное количество промышленной продукции, если есть необходимые для этого потоки сырья, энергии и т. п. Определенная доля продукции производится в виде инвестиций в сам капитал — это станки, двигатели, конвейерные установки, сталь, цемент — увеличивая сам промышленный капитал, и таким образом приводя к росту производства продукции в будущем. Можно сказать, что это «рождаемость» капитала. Доля такой



Рис. 2.11. Контуры обратных связей промышленного капитала реинвестируемой продукции может быть разной, по аналогии с человеческой рождаемостью, которая тоже не постоянна и зависит от принятых решений, поставленных целей и ограничений на пути их достижения. В этой положительной обратной связи также существуют запаздывания, поскольку планирование, финансирование и строительство требуют времени, особенно если речь идет о таких серьезных вложениях, как строительство железных дорог, электростанций или нефтеперерабатывающих заводов — тогда этот процесс занимает годы или десятилетия.

Капитал, как и население, имеет не только контур рождаемости, но и контур смертности. Оборудование и заводские агрегаты изнашиваются или морально устаревают, их останавливают, демонтируют, пускают на металлолом, утилизируют. Доля выбывающего капитала аналогична коэффициенту смертности в расчетах численности населения. Чем больше капитал, тем больше ежегодная амортизация, списание капитала, что уменьшает его величину, доступную на следующий год, если только не будут сделаны достаточные инвестиции, возмещающие выбывший капитал.

Подобно тому, как в ходе индустриализации численность населения претерпела демографический переход и в уровне промышленного капитала произошли хорошо заметные рост и изменения. Доиндустриальная экономика основана прежде всего на сельском хозяйстве и сфере услуг. Когда контур роста капитала начинает действовать, растут все сектора экономики, но промышленный сектор некоторое время растет быстрее всех. После того как промышленная база построена, дальнейший рост

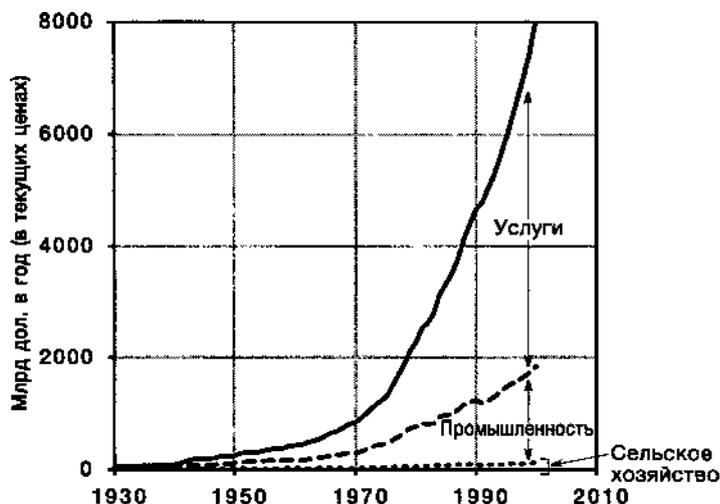


Рис. 2.12. Распределение валового внутреннего дохода США по секторам. Исторические данные по распределению доходов от экономической деятельности в США по секторам иллюстрируют переход к экономике услуг. Примечательно, что хотя на сферу услуг приходится наибольшая доля, тем не менее, промышленный и сельскохозяйственный сектора в абсолютном выражении продолжают расти. (Источники: U.S. Bureau of Economic Analysis.)

смещается в сферу услуг (рис. 2.12). Такой переход встроено в структуру Wbrld3 как основная модель экономического роста. Отклонения от нее происходят, только если приложить к этому специальные усилия¹².

Высокоразвитые экономические системы часто называют «экономикой услуг», но в реальной жизни даже такой экономике необходима подпитка со стороны сельского хозяйства и промышленности. Больницы, школы, банки, магазины, рестораны и отели - все это образует базу для сферы услуг. Понаблюдайте за грузовиками, доставляющими продовольствие, бумагу, топливо и оборудование, или за мусоровозами, вывозящими отходы; попробуйте оценить, сколько воды подается через водопроводы и отводится через канализацию, и тогда станет совершенно ясно, что сфера услуг требует, чтобы ее постоянно поддерживали физические потоки (притоки ресурсов и стоки отходов). Вместе с деятельностью промышленности это создает значительную нагрузку на окружающую среду.

Металлургические заводы и шахты по добыче ископаемых могут быть расположены далеко от центров информационного управления. Количество сырья в тоннах не может расти так же быстро, как долларовое выражение продукции. И тем не менее, на рис. 2.12 ясно видно, что даже в пост-индустриальной экономике промышленность не приходит в упадок. Информация — это удивительный ресурс, не существующий физически, но вполне реальный. Однако в чем он содержится? Настольный компьютер, например, это несколько килограммов пластмассы, металла, стекла и кремния. Средний компьютер в 1997 г. весил 25 кг и потреблял 150 Вт электроэнергии, а при его изготовлении больше 60 кг материалов уходило

в отходы¹³. Люди, которые работают с информацией — создают, обрабатывают, используют ее — еще и каждый день едят, водят машины, живут в домах, работают в зданиях с системами отопления и кондиционирования, и даже в век электронных средств передачи информации расходуют огромное количество бумаги.

Контур положительной обратной связи, описывающий деятельность мирового капитала, работал столь интенсивно, что физический капитал увеличивался быстрее, чем росла численность населения. В период с 1930 по 2000 гг. денежное выражение мировой промышленной продукции выросло в 14 раз (см. рис. 1.2). Если бы в этот период население не выросло, то уровень материального благосостояния увеличился бы в 14 раз, но в реальности произошло иначе, и промышленное производство на душу населения увеличилось только в 5 раз. В период с 1975 по 2000 гг. промышленная экономика практически удвоилась, но производство на душу населения возросло меньше чем на 30%.

Больше людей - больше нищеты - больше людей

Рост необходим для того, чтобы покончить с нищетой. Это представляется очевидным. Менее очевидно для сторонников роста, что рост в экономической системе с ее современной структурой вовсе не приведет к исчезновению нищеты. Наоборот, современные типы роста поддерживают нищету и только увеличивают пропасть между богатыми и бедными. В 1998 г. более 45% мирового населения имело доходы на уровне примерно 2 дол. в день, а то и меньше. Сегодня бедных людей больше, чем было в 1990 г., и это при том, что за прошедшее десятилетие мировые доходы выросли чрезвычайно¹⁴.

Четырнадцатикратный рост мирового промышленного производства в сравнении с 1930 г. увеличил достаток многих людей, но нищета от этого не исчезла. И нет оснований предполагать, что еще одно увеличение в 14 раз (если даже оно будет возможно с учетом существующих пределов планеты) позволит избавиться от нищеты, если только мировая система не будет реорганизована таким образом, чтобы результаты роста доставались тем, кто больше всего в них нуждается.

В существующей системе экономический рост обычно происходит в странах, которые уже и так богаты, а его результаты достаются богатейшим людям в этих странах. На рис. 2.13 показаны графики ВВД на душу

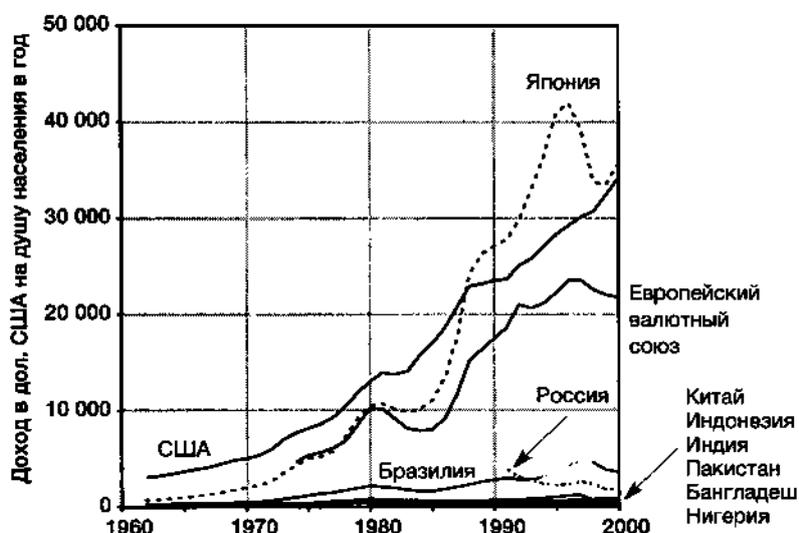


Рис. 2.13. Валовой внутренний доход (ВВД) на душу населения в 10 самых населенных странах мира и Европейском валютном союзе

Экономический рост происходит в основном в странах, которые и так уже богаты. В шести странах азиатско-африканского региона (Индонезия, Китай, Пакистан, Индия, Бангладеш и Нигерия) суммарно проживает примерно половина населения мира. Однако их ВВД на душу населения, если его изобразить на том же графике, что и доход в богатейших странах, почти сливается с горизонтальной осью. (Источник: Wbrld Bank.)

населения для десяти крупнейших стран мира (с наибольшей численностью населения), а также для Европейского Сообщества. Графики свидетельствуют, что десятилетия роста только увеличивали разницу между богатыми и бедными странами.

В Программе ООН по развитию содержатся данные о том, что в 1960 г. 20% мирового населения, проживавшего в самых обеспеченных странах мира, имели доход на душу населения в 30 раз больше, чем другие 20% населения, проживавшего в беднейших странах. К 1995 г. соотношение средних доходов 20% богатейшего и 20% беднейшего населения мира выросло с 30:1 до 82:1. В Бразилии беднейшая половина населения в 1960 г. получала 18% национального дохода, а в 1995 г. — только 12%. А 10% богатейшего населения Бразилии получали 54% национального дохода в 1960 г. и уже 63% в 1995 г.¹⁵ Среднестатистическая африканская семья получала в 1997 г. на 20% меньше, чем в 1972 г.¹⁶ Сто лет экономического роста дали миру только чудовищное неравенство в распределении доходов между богатыми и бедными. Два показателя,

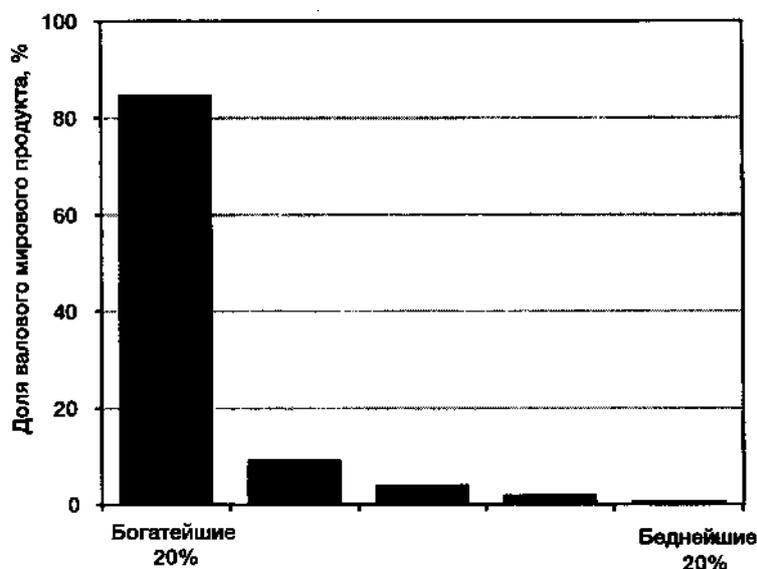


Рис 2.14. Неравенство распределения доходов в мире

Распределение благосостояния и возможностей в мире чудовищно несправедливо. Богатейшие 20% мирового населения контролируют более 80% мирового валового продукта и потребляют почти 60% производимой в мире энергии. (Источник: World Bank.)

подтверждающих это - доля валового национального продукта и доля энергии, потребляемой социальными слоями с разными уровнями доходов — приведены на рис. 2.14.

Когда мы изучали это явление с позиций системной динамики, мы заметили, что оно часто встречается в системе на протяжении истории, поэтому мы сделали вывод, что его причины лежат в самой структуре обратных связей в системе. Ускорение или замедление работы системы принципиально не меняет тип ее поведения до тех пор, пока структура системы не будет пересмотрена. Рост, как неоднократно случалось раньше, только увеличивает разрыв между богатыми и бедными.

Сам по себе непрерывный рост никогда не позволит уменьшить этот разрыв. Только изменение структуры системы — контуров причинно-следственных связей — позволит добиться этого.

Какая же структура ответственна за увеличение пропасти между богатыми и бедными, несмотря на огромный подъем мировой экономики? Мы выделили две основные структуры. Первая относится к разделению социальных слоев, что присутствует в том или ином виде в большинстве культур, хотя в некоторых из них — в специфичной форме. Речь идет о *систематическом вознаграждении привилегированных слоев, когда они получают все больше власти и ресурсов для получения еще больших привилегий*. Примеры можно привести самые разные, от явной или неявной дискриминации по этническому признаку до налоговых послаблений богатым слоям; от недоедания, которым страдают дети из бедных слоев

общества, до привилегированных частных школ, куда отдают детей из богатых семей; от прямого подкупа для достижения политических целей (даже в демократических странах) до принципа начисления процентов, при котором средства перетекают от тех, кто имеет денег меньше, чем нужно, к тем, у кого их больше, чем нужно.

В системных терминах про эти структуры обратных связей говорят: деньги делают деньги¹⁷. Это контуры положительных обратных связей, которые вознаграждают успех средствами достижения нового успеха. Они присущи любому обществу, в котором не разработаны стабилизирующие механизмы, уравнивающие правила игры для всех. (Примерами таких стабилизирующих механизмов служат антидискриминационные законы, прогрессирующие ставки налогообложения, растущие вместе с ростом доходов, единые стандарты образования и здравоохранения, социальные программы, поддерживающие тех, кто переживает не лучшие времена, налоги на недвижимость, а также демократические устои, выводящие политиков из-под власти денег.)

Ни один из этих контуров «деньги делают деньги» в явном виде в модели World3 не включен, это не модель для анализа динамики доходов или распределения материальных благ и власти. Модель фокусируется на совокупности взаимосвязей между мировой экономикой и пределами роста¹⁸. Таким образом, существующая схема распределения в ней принимается как данность.

В модели World3 есть одна структура, которая отображает связь между численностью населения и капиталом, что мы уже отмечали в этой главе. Эта структура не позволяет избавиться от нищеты, поддерживает рост населения и склонность мировой системы к выходу за пределы. Именно ее необходимо изменить, если мы хотим достичь устойчивого мира, и это будет описано в следующих главах.

Структура, поддерживающая нищету, основана на том, что богатым странам проще сохранить, вложить и приумножить свой капитал, чем бедным. Богатые не только имеют больше власти, чтобы диктовать рыночные правила, заказывать разработку новых технологий и управлять ресурсами, но еще и обладают капиталом, накопленным за сотни лет роста, и эти средства год от года приумножаются. Основные потребности в богатых странах уже удовлетворены, и высокие темпы роста капиталовложений можно обеспечить без необходимости лишать население средств к существованию. Медленный рост численности населения позволяет больше средств направить на экономический рост и меньше — на



Рис. 2.15. Нищета и численность населения

здравоохранение и образование, чем это могут позволить себе страны с быстро растущим населением.

В бедных странах, напротив, накопление капитала сильно осложняется ростом численности населения. Эти страны не могут позволить себе большие объемы реинвестирования, поскольку средства нужны на постройку школ и больниц, а также на удовлетворение насущных потребностей. Из-за таких неотложных трат остается мало средств для инвестиций в промышленное производство, поэтому экономика развивается медленно. Демографический переход застывает на промежуточной фазе, когда велика разница между коэффициентами рождаемости и смертности, когда у женщин нет привлекательной альтернативы рождению детей — нет возможности ни учиться, ни работать — дети становятся одной из немногих доступных форм инвестиций. В результате население растет, но богаче не становится. Как говорится, у богатых прибавляются деньги, а у бедных — дети.

Международные организации могут охрипнуть, споря о том, какая связь в контуре важнее: нищета, вызывающая рост численности населения, или численность населения, вызывающая рост нищеты (рис. 2.15).

На самом деле на поведение людей, проживающих в беднейших регионах, все составные части этого контура положительной обратной связи сильно влияют. Это своего рода системная ловушка, в которой бедные становятся еще беднее, а население при этом растет. Рост населения приводит к изъятию средств из цикла инвестирования и направлению их на потребление, в итоге замедляется рост капитала. Нищета, в свою очередь, приводит к тому, что население продолжает расти, поскольку людям недоступны образование, здравоохранение, программы планирования семьи. У них нет выбора, нет власти и нет другой надежды, кроме как

Движущая сила – экспоненциальный рост

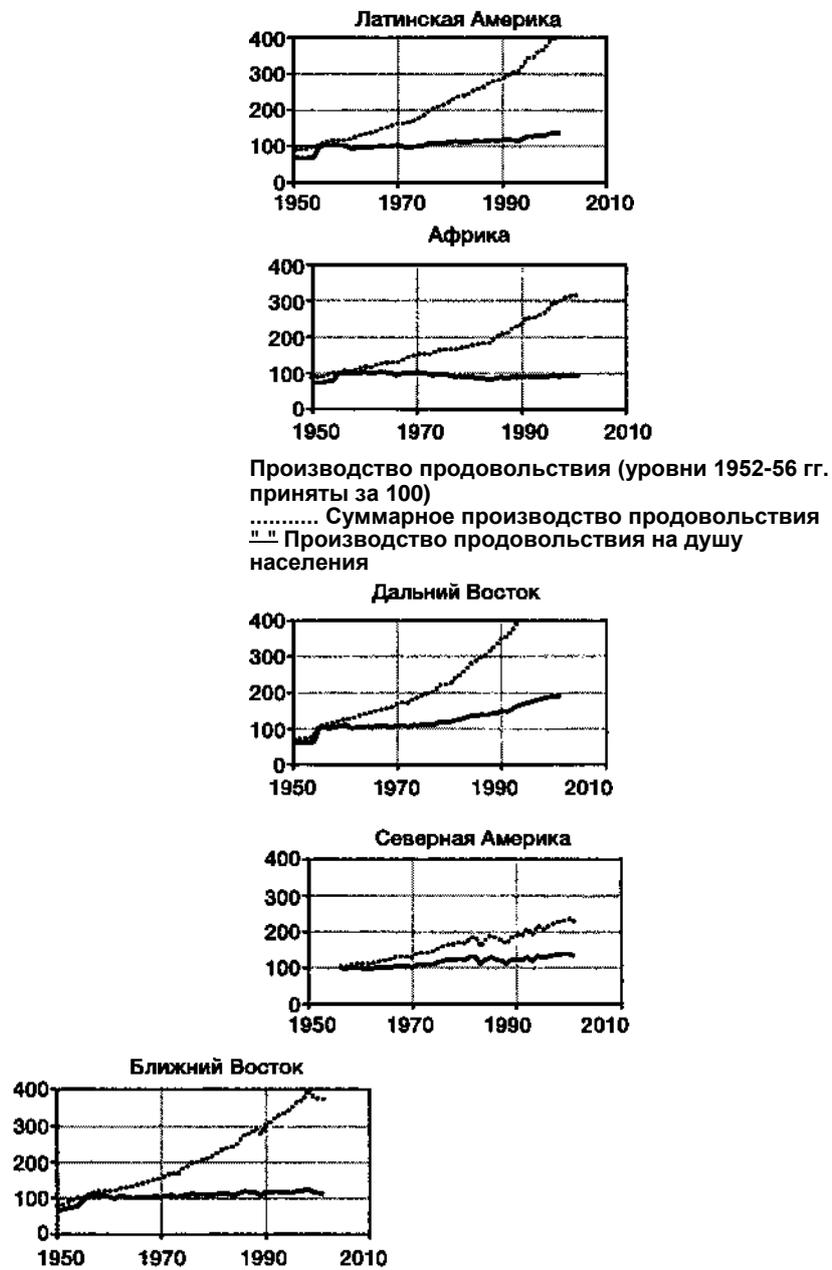
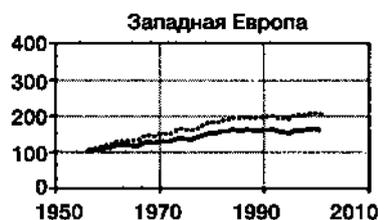


Рис. 2.16. Производство продовольствия по странам света



Суммарное производство продовольствия по странам света (за 100 приняты уровни, достигнутые в 1952—56 гг) в тех регионах, где голод принимает самые большие масштабы, за прошедшие 50 лет удвоилось или даже утроилось, но производство продуктов питания на душу едва изменилось, поскольку население росло практически так же быстро. А в случае Африки в период 1996—2001 гг. производство продовольствия на душу населения даже уменьшилось на 9%. (Источник: ФАО.)

на своих детей, которые смогут принести семье дополнительный доход или дать дополнительные рабочие руки.

Одно из последствий такой системной ловушки показано на рис. 2.16. Производство продовольствия в любой стране Юга за последние 20 лет значительно возросло. В большинстве стран оно удвоилось или даже утроилось. Однако быстрый рост населения свел это достижение на нет, так как производство продовольствия на душу населения едва изменилось, а в Африке и вовсе постоянно уменьшается. Производство продовольствия на душу населения растет только в Европе и странах Дальнего Востока.

Графики, показанные на рис. 2.16, иллюстрируют двойную трагедию. Первая — человеческая. Большие достижения в сельском хозяйстве и возросшее производство продовольствия пошли не на равномерное распределение среди большого количества людей, а на еще более неравномерное распределение. Вторая трагедия — разрушение окружающей среды. Увеличение производства продовольствия было достигнуто ценой деградации почв, загрязнения воды, сведёния лесов и разрушения экосистем, причем все это только осложняет рост производства в будущем.

Тем не менее любой контур положительной обратной связи, который ведет систему к упадку, можно изменить, чтобы он работал на подъем. Растущая нищета ведет к росту населения, а оно, в свою очередь, к дальнейшему росту нищеты. Но тогда уменьшение нищеты приведет к замедлению роста населения, что, в свою очередь, приведет к дальнейшему уменьшению нищеты. Постоянные инвестиции в достаточном объеме и за достаточный период времени, при справедливых ценах на продукцию и на труд, при направлении полученных дополнительных средств тем, кто в них нуждается больше всего, и особенно при обеспечении доступности для женщин образования, занятости и программ планирования семьи, способны повернуть вспять замкнутый цикл нищеты и численности населения. А это, в свою очередь, позволит инвестировать в промышленный капитал больше,

чем раньше, и получить в результате больше промышленной продукции и услуг. Рост потребления товаров и услуг еще больше способствует уменьшению роста населения.

В тех частях света, где уделяется пристальное внимание благосостоянию всего населения, особенно бедной его части, изменение замкнутого цикла уже происходит, и это единственная причина уменьшения скорости роста мирового населения и продолжения процесса демографического перехода.

В других регионах, где неравенство закреплено в культурном наследии, где не достаточно ресурсов или желания инвестировать их в благосостояние всего общества, где просчеты в финансовой сфере привели к тому, что инвестиции отвлекаются из сектора образования и здравоохранения и идут по другим направлениям, заметного улучшения в жизни людей не происходит. Эти страны, прозябающие в нищете, но при этом наращивающие население еще больше, рискуют тем, что однажды рост будет остановлен не уменьшением рождаемости, а увеличением смертности. Уже есть неутешительные прогнозы: Зимбабве, Ботсвана, Намибия, Замбия и Свазиленд в начале XXI в. рискуют получить нулевой рост численности населения в результате высокой смертности среди молодежи и детей из-за СПИДа¹⁹.

Экспоненциальный рост численности населения и промышленной продукции заложен в структуре самовоспроизводства социально-экономической системы всего мира, но в реальной жизни за счет усложняющих факторов это приводит к тому, что в одних частях света медленный рост населения соседствует с быстрым ростом промышленного капитала, а в других быстрый рост населения — с медленным ростом промышленности.

Может ли физический рост продолжаться бесконечно? Наш ответ — нет. Рост населения и капитала увеличивает нагрузку на окружающую среду со стороны человечества и то разрушительное влияние, которое мы оказываем на мировую экосистему. Мы пока не научились избегать этого. Теоретически можно было бы уменьшать экологическую нагрузку со стороны всех аспектов человеческой деятельности (технологическими и другими способами) и делать это достаточно быстро, чтобы дать возможность капиталу и численности населения постоянно расти. Но на практике это вряд ли достижимо. Накопленный опыт показывает, что в современном мире такого уменьшения нагрузки не происходит, наоборот, она продолжает расти (см. рис. В-1 в «Предисловии авторов»), хотя и медленнее, чем сама экономика.

Когда нагрузка превышает пределы устойчивости (а это уже произошло), обязательно должен произойти спад - либо будут приняты целенаправленные меры (например, будет резко увеличена экологическая эффективность технологических процессов), либо природа позаботится об этом сама (когда леса будут полностью сведены, производство древесины,

естественно, прекратится). Вопрос не в том, остановится ли когда-нибудь рост экологической нагрузки; вопрос только в том, когда это произойдет и в какой форме.

Население обязательно перестанет расти либо за счет дальнейшего снижения рождаемости, либо за счет увеличения смертности, либо за счет того и другого. Промышленный рост тоже обязательно прекратится либо за счет снижения инвестиций, либо за счет увеличения амортизации, либо за счет обоих факторов. И если мы заранее знаем об этих тенденциях, мы можем принять разумные меры, чтобы взять их под контроль, выбирая наилучший для нас путь. Если мы этого не сделаем, природа сама выберет финал, и при этом ее не будет заботить уровень благосостояния людей.

Рождаемость и смертность, инвестиции и амортизация придут в равновесное состояние либо в результате нашего сознательного выбора, либо в результате обратной связи от исчерпанных ресурсов и переполненных стоков планеты. Подъем кривых экспоненциального роста замедлится, затем прекратится и либо перейдет на плато, либо сменится упадком. Условия жизни людей на планете в этот период могут быть ужасающими.

Очень просто видеть только белое и черное, раз и навсегда разделить вещи на хорошие и плохие. Из поколения в поколение рост численности населения и капитала считались безусловным благом. На малонаселенной планете с избытком ресурсов для такого позитивного отношения были все основания. Но теперь, когда мы знаем об экологических пределах, слишком велико искушение изменить отношение на прямо противоположное и заявить, что все виды роста — зло.

От управленцев и лиц, принимающих решения, в эпоху пределов требуется более глубокий подход. Одни люди отчаянно нуждаются в процветании, крыше над головой, в предметах первой необходимости. Другие прилагают отчаянные усилия к тому, чтобы использовать материальный рост для удовлетворения иных потребностей — личных амбиций, признания, самореализации, значимости. И нет смысла говорить о росте с однозначным одобрением или со столь же однозначным осуждением. Вместо этого надо задаться вопросами: *О каком росте идет речь? Для кого? Какой ценой? За счет чего? Действительно ли в нем есть потребность? Какой путь быстрее и эффективнее всего приведет к удовлетворению этой потребности? Какой уровень будет достаточным? Какие обязательства придется принять на себя для этого?*

Ответы на эти вопросы укажут дорогу к справедливому и обеспеченному обществу. А дополнительные вопросы укажут путь к устойчивому обществу. *Сколько человек можно обеспечить за счет данного потока в рамках данной экологической нагрузки? Каким будет уровень материального потребления при этом? Сколько времени удастся его поддерживать? Какую нагрузку испытывает физическая система,*

которая поддерживает население планеты, экономику и жизнь всех прочих обитателей планеты? Какие типы и величины нагрузок в состоянии вынести эта поддерживающая система? Каков допустимый предел нагрузок?

Чтобы ответить на эти вопросы, мы должны от причин роста перейти к анализу пределов роста. Именно этому посвящена гл. 3.

ГЛАВА 3

Технологии, позволившие нам удерживать на одном уровне или даже снижать стоимость ресурсов, требуют все больших прямых и косвенных затрат... Эта роскошь обходится нам слишком дорого, она требует, чтобы для получения того же количества ресурса в соответствующие добывающие отрасли направлялась все большая доля национального дохода.

Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию, 1987

Наши опасения по поводу грядущей катастрофы проистекают не из веры в то, что мир почти исчерпал запасы энергии и сырья на планете. Все сценарии, созданные моделью World3, показывают, что к 2100 г. мир все еще будет располагать значительной долей ресурсов, существовавших в 1900 г. При анализе результатов моделирования нашу озабоченность вызывает скорее растущая стоимость эксплуатации планетарных источников и стоков. Данных на этот счет недостаточно, и в мире постоянно идут споры на эту тему. Но мы пришли к очевидному заключению, что сочетание усиления эксплуатации возобновимых источников, истощения невозобновимых источников и переполнения стоков медленно, но верно приведет к увеличению энергии и капитала, необходимых для поддержания количества и качества материальных потоков, нужных для функционирования экономики. Дополнительные затраты появляются вследствие совмещения физических, экологических и социальных факторов. Постепенно эти затраты станут настолько большими, что дальнейший рост в промышленности поддерживать не удастся. Когда это произойдет, контур положительной обратной связи, раньше работавший на рост материальной экономики, получит противоположную направленность: начнется спад экономики.

Привести прямые доказательства этого утверждения мы не можем. Но можем обосновать его, а затем обратить внимание на косвенные доказательства. Ради этого мы приводим в данной главе обширную информацию об источниках и стоках. Мы анализируем текущее и будущее положение дел по многим видам ресурсов, которые необходимы для поддержания мировой экономики и роста численности населения в XXI в. Перечень необходимых потоков насчитывает множество пунктов, но его можно разделить на две категории.

В первую категорию входят обязательные физические компоненты, поддерживающие биологическую и промышленную деятельность — пло-

дородные земли, полезные ископаемые, металлы, энергия и экологические системы планеты, которые разлагают выбросы, определяют состояние климата. Практически все эти параметры вещественны и потенци

Пределы: источники и стоки

ально поддаются учету — например, гектары пахотных земель и лесов, кубические километры пресной воды, тонны металлов, миллиарды баррелей нефти. Тем не менее определить их точные количества достаточно сложно — соответствующие суммарные запасы на планете можно только приближенно оценить. Они взаимно связаны: одни могут служить заменителями других, а добыча третьих может осложнить получение четвертых. Определения *ресурсов, резервов, потребления и производства* довольно противоречивы; наука не обладает исчерпывающими знаниями о них, а чиновники часто искажают или скрывают их количества в политических или экономических целях. К тому же информация о физических запасах обычно выражается в экономических показателях, например, в денежном выражении. Цены определяются рынком, а рынками управляют правила, весьма далекие от тех, которые управляют физическими ресурсами. На физических ресурсах мы и сосредоточимся в этой главе.

Вторую категорию составляют социальные факторы, необходимые для роста. Даже если физическая емкость Земли в состоянии обеспечить значительно большее населения на уровне промышленно развитых стран, тем не менее, фактический рост экономики и населения зависит еще и от таких факторов, как мир на планете, социальная стабильность, равенство, личная безопасность, честность и дальновидность политических лидеров, образование и открытость новым идеям, способность признавать ошибки и экспериментировать, а также наличие институтов, обеспечивающих постоянный и действенный технический прогресс.

Такие социальные факторы очень сложно оценить и практически невозможно прогнозировать с достаточной точностью. Ни в этой книге, ни в модели World3 такие социальные факторы в явном виде не фигурируют. Чтобы включить их в формальный анализ, нам недостает знаний и теорий причинности. Однако нам известно, что хотя плодородные земли, энергия, ресурсы и здоровая окружающая среда необходимы для роста, но только их одних недостаточно. Даже если все они присутствуют в изобилии, их доступность может быть ограничена социальными проблемами. В этой книге мы предполагаем, что будут царить самые благоприятные социальные условия.

Сырье и энергия, используемые населением и капиталом, появляются не по мановению волшебной палочки. Все, что у нас есть, мы берем у планеты. А затем все это не исчезает — после того как мы использовали потоки в экономической деятельности, остатки сырья идут на переработку или превращаются в отходы и загрязнители, а энергия рассеивается в виде тепла в окружающую среду. Потоки вещества и энергии, проистекающие из планетарных *источников*, проходят через *экономическую подсистему* и направляются в планетарные стоки, где и остаются в виде отходов или загрязнителей (рис. 3.1). Переработка отходов и безотходные технологии могут существенно уменьшить их образование на еди-



Рис. 3.1. Население и капитал в глобальной экосистеме

Население и капитал поддерживают свое существование за счет потоков ископаемых видов топлива и невозобновимых ресурсов планеты и производят потоки тепла и отходов, загрязняющие воздух, воду и почву на планете. (Источник: R. Googland; H. Daly, and S. El Serafy.)

ницу продукции, но не исключить полностью. Людям всегда будут нужны еда, чистая вода, жилье и множество видов материалов, чтобы расти, поддерживать здоровье, вести активный образ жизни, создавать новый капитал, растить детей. Оборудованию и зданиям всегда будут нужны энергия, вода, воздух, множество металлов, химических соединений, биологических материалов. Без этого невозможно создавать потребительские товары и услуги, нельзя поддерживать работу оборудования, нельзя больше создавать новое оборудование и новые здания. Существуют пределы скорости, с которой могут потребляться ресурсы и наполняться отходами стоки, чтобы при этом не наносился вред людям, экономике или экологическим процессам самовосстановления и саморегуляции.

Природа этих пределов довольно сложная, поскольку сами источники и стоки представляют собой часть динамической системы со множеством взаимосвязей, поддерживаемой планетарными биогеохимическими - микробными циклами. Существуют краткосрочные пределы (количество очищенной нефти и емкость танков для ее хранения, например) и долгосрочные пределы (суммарное количество доступной нефти в недрах). Источники и стоки могут влиять друг на друга, и одна и та же природная система может выступать в качестве и источника, и стока одновременно. Например, надел земли может быть источником, который позволяет выращивать зерновые культуры, и стоком для кислотного дождя, вызванного загрязнением воздуха. Интенсивность использования этого надела в одном качестве вполне может влиять на возможность его использования в другом качестве.

Экономист Герман Дейли (Herman Daly) предложил три простых правила, которые позволяют определить пределы устойчивости для потоков сырья и энергии¹:

- Для *возобновимых ресурсов* (почвы, воды, леса, рыбы) устойчивая скорость использования не может превышать скорость самовосстановления этих ресурсов. (Так, например, рыба вылавливается неустойчивыми темпами, если улов превышает количество, которое может быть восполнено оставшейся популяцией рыбы.)
- Для *невозобновимых ресурсов* (ископаемые виды топлива, руды с высоким содержанием металлов и других соединений, грунтовые воды) устойчивая скорость потребления не может превышать устойчивой скорости, с которой для замещения невозобновимого ресурса может использоваться другой, возобновимый ресурс. (Например, запасы нефти можно расходовать устойчиво при условии, что часть доходов от этого будет систематически направляться на развитие ветряных генераторов, солнечных батарей, на посадку деревьев, чтобы к моменту, когда запасы нефти будут исчерпаны, уже была готова адекватная замена на основе возобновимого ресурса.)
- Для *загрязнителей* устойчивая скорость возникновения не может превышать скорость, с которой загрязнитель может быть разложен, поглощен или переработан средой без вреда для соответствующего стока. (Например, сточные воды могут быть направлены в реку, озеро или слиты в подземные водоносные горизонты устойчиво только при том условии, что бактерии и другие организмы смогут справиться с этим потоком питательных веществ без нарушения равновесия или разрушения водной экосистемы.)

Недопустимо вести любую деятельность, вызывающую истощение возобновимых запасов, переполнение загрязнениями стока, истощение невозобновимого ресурса без создания ему равноценной замены в виде возобновимого ресурса. Рано или поздно ее придется прекратить. Сколько ни велись обсуждения правил Дейли в академических, деловых, правительственных и неправительственных кругах, опровергнуть их никто не смог. (К сожалению, и людей, которые всерьез пытались бы жить в соответствии с этими правилами, мы тоже не встречали.) Если в природе существуют основные законы устойчивости, то эти правила должны быть среди них. Вопрос не в том, правильны ли они; вопрос в том, соблюдает ли их мировая экономика, и что произойдет, если их нарушать.

Применим три критерия Дейли для общей оценки различных источников и стоков, задействованных в нашей экономике. Начнем с возобновимых источников и зададим вопрос: *Используются ли от быстрее, чем успевают восстанавливаться?* Для невозобновимых источников запасы по определению должны уменьшаться, поэтому вопросы будут несколько иными: *Насколько быстро расходуется сырье высокого качества? Каковы истинная стоимость его добычи и расходы энергии и капитала на это?* Наконец, применительно к загрязнителям и отходам вопросы будут такие: *Поступают ли они в окружающую среду с безопасной скоростью, успешно ли разлагаются? Или они накапливаются в окружающей среде?*

На эти вопросы следует отвечать не на основе модели World3 (в этой главе с ней ничто не связано), а на основе мировых статистических данных — всех, какие только есть, по всевозможным источникам и всевозможным стокам². В этой главе мы упомянем только некоторые из множества связей между источниками и стоками (например, тот факт, что производство большого количества продовольствия требует больше энергии, или что загрязнение от производства большого количества энергии может привести к изменению климата и снизить урожайность сельскохозяйственных культур).

Пределы, которые мы обсуждаем, — лишь часть известных ученым мира на сегодняшний день. И никто не может гарантировать, что эти пределы самые важные. Тут нас поджидают приятные и неприятные сюрпризы. С одной стороны, технологии способны улучшить будущее. С другой стороны, в будущем могут встретиться новые проблемы, о существовании которых сейчас никто даже не подозревает.

Приведем некоторые данные о современном состоянии мира и его перспективах. Такой анализ не даст простого и однозначного ответа на вопрос, где находятся пределы роста. Но он поможет сформировать собственное представление о существующих пределах и о влиянии текущих тенденций на них. Хотя мы уже признали, что знаний у людей о пределах явно недостаточно, полагаем, что факты, представленные в этой главе, убедят в правильности следующих четырех выводов:

- Мировая экономика использует множество ключевых ресурсов и образует отходы со скоростями, которые не являются устойчивыми. Источники постепенно истощаются. Стоки заполняются, а в некоторых случаях уже переполнены. Большинство существующих сегодня потоков в таких масштабах поддерживать продолжительное время невозможно, и тем более нельзя сделать это, если они еще возрастут. Мы ожидаем, что уже в этом столетии многие из них достигнут максимума, а затем придут в упадок.
- Такие высокие уровни потребления швец не являются необходимыми. Технические и организационные изменения, а также изменение в схемах распределения могут радикально уменьшить эти потоки, поддерживая на том же уровне или даже увеличив среднестатистическое качество жизни населения мира.
- Антропогенная нагрузка на окружающую среду уже превышает уровни устойчивости, ее невозможно сохранить такой высокой в течение жизни более

одного-двух поколений. И тогда наступят негативные последствия, которые ухудшат здоровье человека, а экономика придет в упадок.

- Истинная цена сырья непрерывно растет.

Учет антропогенного воздействия на окружающую среду очень сложен, численно оценить это влияние неимоверно трудно. Лучший на сегодняшний день подход, один из примененных в этой книге, оперирует понятием экологической нагрузки. В ней учитываются все виды воздействия человека на среду: суммарный эффект от извлечения ресурсов, выброса загрязнений, использования энергии, уменьшения биологического разнообразия, урбанизации и прочих последствий физического роста. Все это очень сложно подсчитать, но за последнее десятилетие в этом направлении удалось достичь большого прогресса, и работы продолжаются.

Многообещающий подход (мы упомянули его в «Предисловии авторов») заключается в том, чтобы пересчитать все виды воздействия человека на глобальную экосистему в эквивалентное количество земель, необходимых для того, чтобы поддержать все потоки, предоставляемые средой человеку — своего рода «экологическое обслуживание». На планете ограничена площадь земель, так что этот подход наглядно показывает, выходит ли человечество за пределы. Рисунок П.1 в «Предисловии авторов» дает четкий ответ на этот вопрос: да, человечество уже вышло за пределы. По расчетам экологической нагрузки на рубеже тысячелетий человечеству уже требовалось в 1,2 раза больше земель, чем все, которые есть на планете Земля, вместе взятые. Человечество уже вышло за глобальные пределы на 20%. К счастью, существует множество путей ослабить такую нагрузку на среду, вернуться в допустимые рамки и поддерживать потребности и надежды человечества в более устойчивой форме. Многие из этих путей описаны дальше³.

Возобновимые ресурсы

Продовольствие, земли, почвы

Большая часть плодородных сельскохозяйственных угодий уже используется, и нам хорошо известны экологические последствия от превращения в новые угодья остатков лесов, лугов и болот со всеми ареалами обитания в них... Основная часть оставшихся земель менее продуктивна и более уязвима... Согласно одной из оценок глобальной эрозии почв, пахотный слой исчезает со скоростью, превышающей скорость восстановления от 16 до 300 раз, в зависимости от региона. Институт мировых ресурсов, 1998

За полвека с 1950 до 2000 гг. производство зерна в мире возросло более чем втрое, с примерно 590 млн до 2 млрд т в год. С 1950 по 1975 г. производство зерна росло примерно на 3,3% в год, быстрее, чем рост населения в то же время, составивший 1,9% (рис. 3.2). Но за последние несколько десятилетий рост производства зерна замедлился, скорость его роста стала меньше, чем скорость роста населения. Максимум душевого производства зерна был достигнут в 1985 г., с тех пор производство непрерывно снижается, что продолжается даже сейчас⁴.

Продовольствия в мире достаточно (по крайней мере, теоретически), чтобы можно было накормить все население планеты. Суммарное коли-

чество зерна, произведенного в мире в 2000 г., в состоянии обеспечить прожиточный минимум для 8 млрд чел., если распределить его равномерно и не тратить на корм скоту, не терять урожай из-за вредителей и не давать ему гнить в негодных хранилищах. Зерновые составляют примерно половину мировой сельскохозяйственной продукции (выраженной в калориях). Добавьте годовое производство клубневых культур, овощей,



Рис. 3.2. Мировое производство зерновых

Мировое сельское хозяйство произвело зерна в 2000 г. в три с лишним раза больше, чем в 1950 г. Однако из-за роста численности населения производство зерна на душу достигло максимума в середине 80-х гг. и пошло на убыль. Современный объем производства зерна на душу населения лишь на 40% больше объема 1950 г. (Источники: FAO; PRB.)

фруктов, улов рыбы и животноводческую продукцию (имеется в виду пастбищное животноводство, а не откорм скота зерном) и получится, что на рубеже тысячелетий производство продовольствия вполне достаточно для того, чтобы обеспечить шести миллиардам человек сбалансированное и разнообразное питание⁵.

В современном сельском хозяйстве потери зерна после сбора урожая варьируются в зависимости от выращиваемой культуры и местности, составляя от 10 до 40%⁶. Распределение зерна среди населения очень далеко от равномерного. Большая часть зерна идет на корм скоту, а не на питание людей. И вопреки тому, что теоретически зерна достаточно для всех, люди все равно голодают. По оценкам Организации ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (FAO), около 850 млн чел. на планете страдают от хронического недоедания⁷.

Недоедающие — в основном женщины и дети. В развивающихся странах каждый третий ребенок недоедает⁸. Примерно 200 млн индийцев постоянно голодают; больше 200 млн — в Африке; 40 млн в Бангладеш; 15 млн в Афганистане⁹. Примерно 9 млн чел. каждый год умирают от последствий голода. Это около 25 тыс. смертей в день.

Население растет, и число голодающих остается практически неизменным. Среднее количество смертей в год из-за голода очень медленно

снижается, и это считается большим достижением — ведь в мире растущего населения и подступивших пределов ситуация с голодом хотя бы не ухудшается. И все-таки еще есть области, охваченные голодом, и широко распространены зоны, где люди постоянно недоедают.

Причины голода кроются не в физических пределах Земли - по крайней мере, пока. Можно вырастить больше продовольствия. Например, рис. 3.3 показывает тенденции урожая зерновых в некоторых странах и в мире в целом. Из-за различий в плодородии почв и в климате невозможно получить одинаковый урожай с каждого гектара земли, максимум дают только самые плодородные участки. Тем не менее в большинстве регионов можно увеличить урожай, если следовать уже хорошо известным и распространенным методам.

Тщательное исследование почв и климата, проведенное ФАО в 117 странах Латинской Америки, Африки и Азии, показало, что только 19 из этих стран не смогут прокормить свое население с помощью собственных земель, даже если задействуют каждый гектар потенциально пахотной земли и соберут максимальный урожай, который только возможен за счет современных технологий. Согласно этому исследованию, если все обрабатываемые земли будут отданы под выращивание урожая, если не будет потерь из-за эрозии, если погода будет идеальной, если управление будет грамотным и сельскому хозяйству будут доступны все необходимые технологии, эти 117 стран могут увеличить производство продовольствия в 16 раз¹⁰.

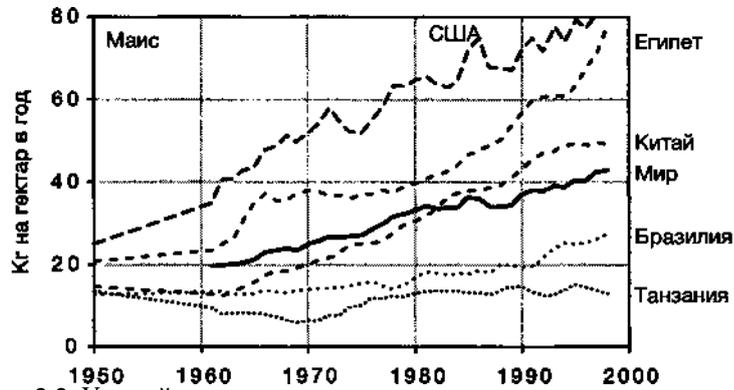
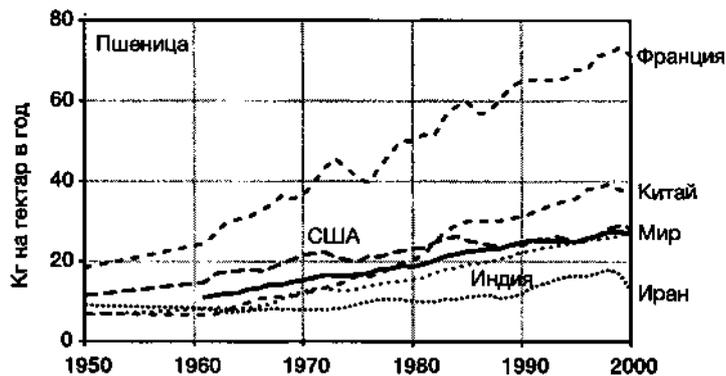
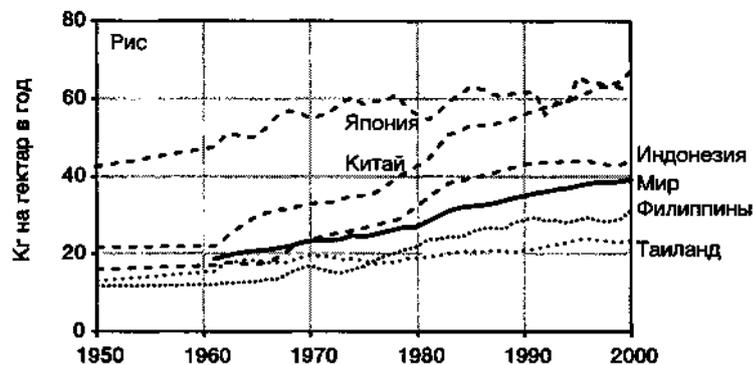


Рис. 3.3. Урожайность зерновых культур



Урожайность пшеницы, риса и маиса (кукурузы) выше в промышленно развитых странах. В некоторых странах с развивающейся экономикой (Китай, Египет и Индонезия) урожайность быстро растет. В других странах со слабо развитой экономикой урожайность по-прежнему невысока, хотя потенциал для ее увеличения есть. (Чтобы минимизировать влияние на урожайность погодных условий, она на графиках усреднена по трехлетним интервалам.) (Источник: FAO.)

Конечно, воплотить в жизнь такие нереалистичные расчеты невозможно. Учитывая реальную погоду и существующую практику земледелия, а также необходимость использовать земли и для других целей (под пастбища, леса, места проживания людей, водоохранные зоны, заповедники

и т. п.) и негативные последствия от использования удобрений и пестицидов, добиться на практике можно лишь небольшого увеличения производства зерна. На самом деле, как мы уже знаем, производство зерна на душу населения с 1985 г. даже снижается.

После Второй мировой войны в развивающемся мире были отмечены существенный рост производства сельскохозяйственной продукции и рост урожайности. Хотя во многих сельскохозяйственных районах этот рост был вполне устойчивым, в других регионах он опирался на два неустойчивых процесса: на расчистку новых земель с низкой продуктивностью или высокой уязвимостью и на интенсификацию производства за счет чрезмерной эксплуатации почв, в результате чего плодородные слои разрушались¹¹.

Самый очевидный предел — это земля¹². Оценки потенциально пригодных для обработки земель на планете варьируются от 2 до 4 млрд га, в зависимости от того, какие земли считать пригодными. Примерно 1,5 млрд га уже используется под выращивание зерновых, эта площадь более или менее постоянна последние 30 лет. Производство продовольствия растет в основном за счет интенсификации земледелия, а не расширения посевных площадей. Но это не значит, что земли обрабатываются устойчиво. В пользование постоянно поступают новые сельскохозяйственные угодья, в то время как другие земли утрачивают свое сельскохозяйственное значение вследствие эрозии, засоления, урбанизации, опустынивания. В среднем эти процессы взаимно уравниваются, но только по площади земель, а не по их качеству. Самые плодородные земли обрабатываются в первую очередь, и сегодня они уже истощены, поэтому приходится включать в оборот менее плодородные участки¹³.

По оценкам Экологической программы ООН, выполненным в 1986 г., за прошедшую тысячу лет люди превратили около 2 млрд га плодородных земель в пустоши, на которых земледелие невозможно¹⁴. Это больше, чем все современные посевные площади, вместе взятые. Около 100 млн га пахотной земли утрачено из-за засоления, на других 110 млн снижается продуктивность. Скорость, с которой утрачивается гумус, плодородный слой, постоянно растет. До промышленной революции она составляла примерно 25 млн т в год, последние несколько столетий — порядка 300 млн т в год, а за последние 50 лет — по 760 млн т¹⁵. Потеря гумуса приводит не только к уменьшению плодородия, но и к росту содержания углекислого газа в атмосфере.

Первое сравнительное исследование потерь почв, проведенное несколькими сотнями региональных экспертов, было опубликовано в 1994 г. В нем сделан вывод о том, что 38% (562 млн га) сельскохозяйственных земель, используемых в настоящее время, уже деградировали (так же как 21% постоянных пастбищ и 18% лесов)¹⁶. Степень деградации варьируется от средней до тяжелой.

Нам не удалось найти глобальные данные по отводу сельскохозяйственных площадей на дороги и зоны застройки, но потери за счет этого должны быть значительными. Город Джакарта постепенно

захватывает окрестные земли со скоростью 20 тыс. га в год. Во Вьетнаме теряется по 20 тыс. га в год рисовых полей - они идут под городскую застройку. В период с 1989 по 1994 гг. в Таиланде 34 тыс. га сельскохозяйственных земель превращены в поля для гольфа. В Китае с 1987 по 1992 гг. под строительство ушло

6,5 млн га пахотных земель, и одновременно 3,8 млн га лесов и пастбищ пришлось расчищать под пашню. В США под полотно автомобильных дорог ежегодно отводятся более 170 тыс. га сельскохозяйственных угодий¹⁷.

Из-за таких процессов истощается два вида возобновимых ресурсов. Первый - качество почвы (мощность, содержание гумуса, продуктивность) на обрабатываемых землях. Долгое время такие потери могут оставаться незамеченными, поскольку это не сразу влияет на производство продовольствия, ведь питательные вещества почв могут замещаться питательными веществами из удобрений¹⁸. Удобрения маскируют переэксплуатацию почв, но не до бесконечности. Сами по себе они представляют собой неустойчивый поток, поступающий в экологическую систему и задерживающий передачу информации о плодородии почвы, а такое запаздывание — ключевой фактор, ведущий к выходу системы за пределы.

Второй процесс — неустойчивое использование самой земли. Если миллионы гектаров деградируют и их просто бросают, но при этом площадь используемых земель остается почти постоянной, значит, запасы потенциальных пахотных земель (как мы увидим дальше, обычно в таком качестве выступают леса) истощаются, в то время как площади пустошей и непродуктивных земель постоянно растут. Продовольствие, поддерживающее существование населения мира, производится в результате непрерывного процесса захвата новых земель под сельское хозяйство, поскольку прежние истощаются, засоляются, страдают от эрозии, от расширения дорог и зон застройки. Совершенно очевидно, что такой процесс не может продолжаться вечно.

Если численность населения экспоненциально растет, а площадь обрабатываемой земли остается почти постоянной, значит, площадь таких земель в расчете на душу населения неуклонно уменьшается. Реальные величины таковы: в 1950 г. на душу приходилось по 0,6 га, а к 2000 г. эта величина уменьшилась до 0,25 га. Прокормить растущее население при уменьшении площади земель на душу населения удастся только потому, что растет урожайность. В 1960 г. в среднем с гектара собирали 2 т риса, в то время как в 1995 г. — 3,6 т, а на экспериментальных полях, то есть в

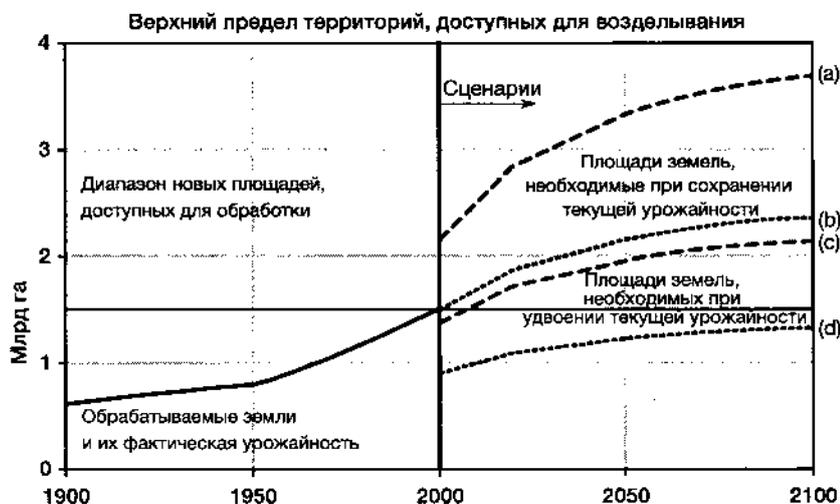


Рис. 3.4. Возможное будущее сельскохозяйственных земель

Обрабатываемые земли в XXI в. составят от 1,5 до 4,0 млрд га, что на рисунке выделено серым цветом. Предположим, что население будет расти в соответствии со средним прогнозом ООН. Сценарии после 2000 г. показывают, сколько земли потребуется (при сохранении текущей урожайности с гектара и при ее удвоении) для того, чтобы прокормить население планеты в соответствии с сегодняшним фактическим распределением продовольствия по планете, а также чтобы прокормить все население мира равномерно, на уровне потребления жителя Западной Европы в 2000 г. (Источники: UN; FRB; FA; G.M. Higgins et al.)

практически идеальных условиях, до 10 т. Кукурузные (маисовые) поля в США давали в 1967 г. урожай в 5 т с гектара, в 1997 г. — более 8 т, а лучшие хозяйства в самые удачные годы снимали по 20 т с гектара.

Как можно трактовать эти данные применительно к будущему истощению сельскохозяйственных земель? На рис. 3.4 показано несколько сценариев развития в текущем столетии. Он иллюстрирует взаимосвязь между суммарным количеством земель, ростом численности населения, средней урожайностью и среднестатистическим уровнем питания человека.

Область, выделенная серым цветом, показывает суммарное количество обрабатываемых земель, от фактического (1,5 млрд га) до теоретического максимального предела в 4 млрд га. Земли, показанные в верхней части выделенной области, будут иметь продуктивность существенно ниже, чем земли, отображенные в нижней части. Разумеется, суммарное количество обрабатываемых земель может уменьшиться, но на рис. 3.4 мы исходим из предположения, что больше земли теряться не будут.

В каждом сценарии мы предположили, что население возрастет в соответствии со средним прогнозом ООН.

Каждое следующее повышение урожайности дается труднее и дороже, чем предыдущее, и происходит все медленнее. В США некоторые эксперты по сельскому хозяйству предполагают, что данные 1999 г. характеризует выход кривой урожайности на плато¹⁹. Эрозия, изменение климата, подорожание ископаемого топлива, снижение уровня грунтовых вод и

другие факторы могут привести даже к уменьшению урожайности по сравнению с современным уровнем, не говоря уже о повышении. Однако кривые на рис. 3.4 построены в предположении, что урожайность будет либо сохраняться прежней, либо увеличится вдвое.

Эти данные заставляют задуматься. Средние показатели урожайности маиса неуклонно растут, но максимальные достижения - лучшие возможные результаты - за последние 25 лет совершенно не изменились. Средняя годовая урожайность маиса подбирается к значению 90 кг/га, но при этом инвестиции в исследования по выращиванию маиса выросли в 4 раза. Когда каждый последующий шаг обходится дороже предыдущего, это свидетельствует об уменьшении плодородия.

Кеннет С. Кассман (Kenneth S. Cassman), 1999 Я сам себя не могу убедить в том, что в следующие 50 лет урожайность будет расти.

Вернон Руттан (Vernon Ruttan), 1999 Максимальная урожайность риса за 30 лет ничуть не изменилась. В производстве биомассы мы вышли на плато, и этому нет простого объяснения.

Роберт С. Лумис (Robert S. Loomis), 1999

Предположим, что текущая урожайность сохранится. Кривая *a* отражает площадь в гектарах, необходимую для того, чтобы прокормить население мира в соответствии со среднестатистическим уровнем питания жителей Западной Европы в 2000 г. Кривая *b* показывает потребности в землях для поддержания текущего (неравномерного) уровня питания населения планеты в текущем столетии. Предположим, урожайность удвоится. Кривая *c* характеризует площадь земель, необходимых для того, чтобы прокормить население мира в соответствии со среднестатистическим уровнем питания жителей Западной Европы в 2000 г., кривая *d* — то же для поддержания текущего (неравномерного) уровня питания населения планеты в текущем столетии.

Нетрудно заметить, что экспоненциальный рост населения быстро приводит мир от избытка сельскохозяйственных земель к недостатку.

Но рис. 3.4 показывает еще и варианты изменения поведения в зависимости от устойчивости ресурсной базы, а также технической и социальной гибкости человечества. Если можно будет больше не терять земли, если вдвое повысится урожайность, если удастся восстановить деградировавшие земли, то еды будет достаточно не только для каждого из сегодняшних 6 млрд чел., но и для всех 9 млрд, ожидаемых к середине текущего столетия. Но если эрозия увеличится, если не будет возможности поддерживать в действии системы орошения, если будет слишком сложно добиться удвоения среднемирового урожая или это опасно для окружающей среды, если население будет расти быстрее, чем предсказывают прогнозы ООН, то продовольствия не хватит, причем не только в локальном масштабе, но и по всему миру, и довольно скоро. Недостаток продуктов питания будет казаться внезапным, но на самом деле это логичное последствие экспоненциального роста.

Неустойчивое использование сельскохозяйственных ресурсов — следствие многих факторов, включая нищету и отчаяние, расширение зон

застройки, непомерный выпас скота на пастбищах, чрезмерное использование посевных площадей, недостаток знаний, получение большой экономической выгоды в краткосрочной перспективе и неучет долговременной перспективы, и наконец, следствие невежества лиц, принимающих решения, и ничего не знающих об экологии, в частности, о почвенных экосистемах.

Кроме почвы и площадей, существуют и другие пределы производства продовольствия, прежде всего вода (про нее сейчас поговорим), энергия, источники и стоки сельскохозяйственных химикатов²⁰. В отдельных частях света некоторые из этих пределов уже превышены. Почвы подвергаются эрозии, орошение приводит к понижению уровня грунтовых вод, стоки с полей, содержащие химикаты, приводят к загрязнению поверхностных и грунтовых вод. Например, в больших водоемах мира существует 61 крупная мертвая зона - области, в которых питательные вещества (в основном удобрения и частицы эродированной почвы, попавшие в воду со стоками с полей) привели к уничтожению практически всех водных форм жизни. В некоторых местах это происходит круглый год, в других - только летом, после того как весенние стоки смыли удобрения с полей, расположенных выше водной поверхности. Мертвая зона Миссисипи покрывает 21 тыс. км² — это эквивалентно площади штата Массачусетс²¹. Технологии сельского хозяйства, используемые на этих территориях, приводят к значительному нарушению экологического равновесия, и устойчивыми их назвать никак нельзя. Самое интересное, что эти агротехнологии вовсе не являются необходимыми.

Во многих местах почва не подвержена эрозии, земли никто не бросает, а сельскохозяйственные химикаты не загрязняют почву и воду. Агротехнологии, которые сохраняют и улучшают почвы - террасное земледелие, контурная вспашка, использование компоста, культивирование покровных культур, многокультурные посевы, севооборот — известны испокон веков. Другие технологии, частично применимые в тропиках - например, полосное земледелие, совмещение с лесоводством — уже опробованы на экспериментальных участках и фермах²². На фермах всех типов, как в средних широтах, так и в тропических районах, высокие урожаи можно получать устойчиво, без широкого применения химических удобрений и пестицидов, а иногда и вообще без них.

Обратите внимание: в предыдущем предложении сказано - *высокие урожаи*. Уже давно достоверно установлено, что «органическое» фермерство совсем не обязательно должно быть примитивным или использовать методы ведения сельского хозяйства столетней давности. Большинство из них используют высокоурожайные сорта культур, машины, минимизирующие ручной труд, и передовые экологические агротехнологии увеличения продуктивности и борьбы с сельскохозяйственными вредителями. Урожаи здесь практически такие же, как и у соседей, всюю использующих химические удобрения, а прибыли в итоге будут выше²³. Если хотя бы часть исследований, посвященных разработке химических

удобрений и генной инженерии, направить в область органического метода производства, то такое ведение сельского хозяйства стало бы даже более продуктивным.

В отличие от традиционных высокоинтенсивных агротехнологий, «органический» метод позволяет увеличить плодородие почвы и оказывает меньшее воздействие на окружающую среду. Такие альтернативные технологии хозяйствования способны обеспечить урожайность на уровне традиционных технологий²⁴.

Устойчивое сельское хозяйство не просто возможно, оно уже практикуется во многих местах. Миллионы фермеров в разных частях света применяют экологичные методы ведения сельского хозяйства, замечая, что процесс разрушения почв обращается вспять, а урожаи продолжают расти. Потребители (как минимум, в богатых странах) все больше отдают предпочтение экологически чистой продукции этих фермеров и готовы платить за это большие деньги. В США и Европе рынок экологически чистой продукции в 90-е гг. рос на 20—30% в год. К 1998 г. продажи таких продуктов питания и напитков на мировом рынке составили 13 млрд дол.²⁵

Почему мы не возлагаем большие надежды на генетически модифицированные злаки? Потому что окончательный вердикт на их счет еще не вынесен. Слишком разные мнения существуют в этой области. Пока неясно, нужна ли генная инженерия для того, чтобы прокормить мир, и устойчива ли она. Люди голодают не потому, что еды слишком мало. Они голодают потому, что не в состоянии себе ее позволить — просто не могут купить ее. Производство большого количества дорогого продовольствия ничем им не поможет. И хотя генная инженерия, возможно, в состоянии повысить урожайность, на самом деле существует огромное количество способов сделать это и без нее. Вмешательство в геном — это и слишком высокая технология, чтобы быть доступной любому фермеру, и слишком высокий экологический риск. Поспешный переход на биотехнологические культуры уже вызывает экологические, сельскохозяйственные и потребительские проблемы²⁶.

На самом деле всех людей можно обеспечить качественным продовольствием, его для этого производится достаточно уже сегодня. И можно произвести даже больше. При этом можно уменьшить загрязнение, использовать меньше земель, расходовать меньше ископаемого топлива и этим вернуть миллионы гектаров природным системам или использовать их для производства фуража, энергии, хлопка и льна. И сделать это можно таким образом, чтобы фермеры достойно вознаграждались за то, что они кормят мир. Вот только у политиков желания сделать это почти нет. Фактически во многих районах мира почвы, земли и источники питательных веществ для производства продовольствия истощаются. Сельскохозяйственная экономика и фермерские сообщества приходят в упадок. В этих районах существующие методы производства сельскохозяйственной продукции вышли за целую группу пределов. Если это срочно не изменить, а такие изменения вполне возможны, растущее население будет вынуждено пытаться прокормиться за счет меньшего количества фермеров, в распоряжении которых

будет постоянно истощающаяся ресурсная база.

Вода

Во многих странах, как в развивающихся, так и в развитых, использование воды часто ведется неустойчивыми методами... Мир сталкивается со все более серьезными проблемами количества и качества воды... Водные ресурсы истощаются, что подрывает один из ключевых ресурсов, на которых построено человеческое общество.

Комплексная оценка запасов пресной воды, ООН, 1997

Пресная вода - это не общемировой ресурс, она распределена локально и доступна только в определенных водных бассейнах, в границах водоразделов, поэтому ограничения принимают самые разные формы. В некоторых регионах ограничения носят сезонный характер, в зависимости от способности запастись водой на время сухого сезона. В других местах пределы определяются скоростью восполнения подземных водных горизонтов, скоростью таяния снегов или способностью лесных почв запастись водой. Поскольку вода — это не только источник, но и сток, ее использование может быть ограничено степенью загрязнения поверхностных и подземных вод.

Региональный по своей сути характер водных ресурсов не мешает людям делать глобальные заявления по этим вопросам, и эти заявления отражают все большее беспокойство. Воду невозможно заменить, это ключевой ресурс. Ее пределы накладывают ограничения на другие потоки — продовольствия, энергии, рыбы, живой природы. Использование других потоков — продовольствия, полезных ископаемых, древесины и прочего, в свою очередь, тоже может ограничить количество или качество воды. В большинстве водных бассейнов пределы, без сомнения, уже превышены. В некоторых беднейших и богатейших странах потребление воды на душу населения уже уменьшается — из-за наступивших экологических последствий, из-за роста цен или из-за истощения водных запасов.

Рисунок 3.5 служит общей иллюстрацией, поскольку на нем представлены сводные мировые данные по многим региональным водным бассейнам. Для каждого региона в отдельности можно построить свои графики, но общие характеристики будут такие же - предел, количество факторов, которые могут его расширить или сузить, и рост в направлении предела (а в некоторых регионах - уже сверх него).

В верхней части графика показан верхний физический предел использования воды человеком, суммарный годовой сток всех рек и водоемов мира (включая возобновление подземных водоносных слоев). Это возобновимый источник, из которого человечество удовлетворяет практически все свои потребности в пресной воде. Здесь огромное количество воды: 40700 км^3 в год, этого достаточно, чтобы заполнять все североамериканские Великие озера каждые 4 месяца. Кажется, что мы находимся очень далеко от предела, ведь текущее потребление воды человеком составляет всего одну десятую предельно допустимого количества — 4430 км^3 в год²⁷.

Но на самом деле использовать весь сток пресных водоемов невоз-

можно. Многие источники воды носят сезонный характер. Примерно 29 000 тыс. км³ годового стока поступает в океан при наводнениях. Остается только 11 000 тыс. км³, которые можно расценивать в качестве круглогодичного источника, причем сюда входят и стоки рек, и возобновимые подземные водоносные слои.

На рис. 3.5 видно, что человек поднимает пределы выше за счет постройки дамб, которые запасают воду наводнений. К концу XX в. дамбы позволили использовать дополнительно 3500 км³ воды в год²⁸. (Однако дамбы приводят к затоплению земель, причем, как правило, первоклассных сельскохозяйственных угодий. Они позволяют генерировать электричество. И они же приводят к увеличению испарения из водохранилища, уменьшая тем самым доступное количество воды, а также меняя водные экосистемы — как озерные, так и речные. Раньше или позже водохранилища заполняются илом и становятся неэффективными, так что считать их устойчивым источником нельзя. Они приводят к возник-

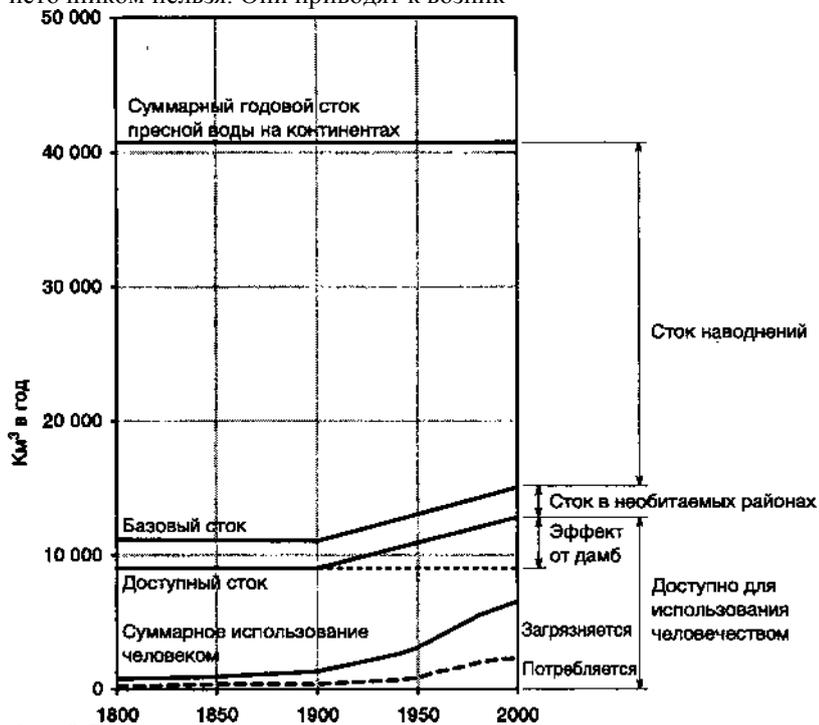


Рис. 3.5. Пресная вода

Графики показывают мировые запасы пресной воды, а также скорость, с которой растет потребление и загрязнение воды, приближаясь к максимуму—всему количеству воды, доступному для использования. Также показано влияние дамб на обеспечение человека запасами воды. (Источники: P.Glick; S.L. Postel et al; D.J. Vague; UN.)

новению еще одного долгосрочного запаздывания реакции на ограничение — и это имеет массу положительных и отрицательных последствий.)

Существуют и другие способы поднять предел, без использования

дамб: например, опреснение морской воды или дальняя транспортировка воды. Такие методы могут иметь местное значение, но они требуют большого расхода энергии и обходятся очень дорого. В глобальных мировых масштабах они слишком малы и на диаграмме незаметны²⁹.

Не все устойчивые потоки доступны именно в тех местах, где живут люди. Бассейн Амазонки располагает примерно 15% мирового стока пресной воды, но проживает здесь только 0,4% мирового населения. Северные реки Евразии и североамериканского континента имеют сток около 1800 км³ в год, при том, что в этих областях плотность населения очень низкая. Примерно 2100 км³ пресной воды в год относятся к стабильному, но труднодоступному стоку.

11 000 км³ — это устойчивый сток, еще 3500 км³ дают дамбы, вычтем из этого количества 2100 км³ труднодоступных вод, в итоге остается 12400 км³ в год — это устойчивый и одновременно доступный сток. Таков предсказуемый верхний предел количества пресной воды, доступной для использования человечеством³⁰.

При потреблении определенное количество воды не возвращается в поверхностные водоемы (испаряется или включается в состав зерновых или другой продукции), и оно составляет примерно 2290 км³ в год. Еще 4490 км³ используются в основном для того, чтобы растворить или смыть загрязнения и удалить их вместе с потоком воды из места поступления. В сумме эти величины дают 6780 км³ в год, чуть больше половины суммарного устойчивого стока пресной воды.

Значит ли это, что потребление воды без особых проблем можно удвоить? Возможно ли еще одно такое удвоение?

Если среднее потребление воды на душу населения не изменится, при том, что население достигнет 9 млрд чел. (как предполагает ООН, к 2050 г.), то человечество будет потреблять 10200 км³ в год, 82% мирового устойчивого стока пресной воды. Если возрастет не только численность населения, но и расход на душу населения, то мир столкнется с серьезной проблемой нехватки воды задолго до 2100 г. На протяжении XX в. потребление воды росло вдвое быстрее, чем население³¹. Но с наступлением нехватки воды, скорее всего, потребление ее на душу населения стабилизируется или даже снизится. Уже сейчас рост кривой водопотребления заметно замедлился, а в некоторых местах график даже пошел вниз. Использование воды во всем мире составляет лишь половину количества, предсказанного 30 лет назад с помощью экстраполяции экспоненциальных кривых³².

Удваиваясь примерно каждые 20 лет на протяжении всего XX в., водопотребление достигло максимума примерно в 1980 г., а затем даже уменьшилось примерно на 10% (рис. 3.6). Причин такого снижения много, но все они имеют отношение к тому, что происходит с экономикой, когда она сталкивается с нехваткой воды, то есть с пределом. Промышленное использование снизилось на 40%, частично за счет переноса тяжелой промышленности в другие регионы мира, но также и за счет принятия

законов о качестве воды, которые делают выгодным или обязательным с позиции закона (а может, и то, и другое) эффективное водопотребление, применение замкнутых циклов водооборота и очистку воды перед сбросом в окружающую среду. Использование воды на орошение уменьшилось благодаря возросшей его эффективности, а также за счет роста городов, что приводит к тому, что земли больше не используются для производства продовольствия, и вода становится фермерам недоступна. Муниципальное водопотребление возросло в основном из-за роста населения.

Водопотребление на душу населения особенно

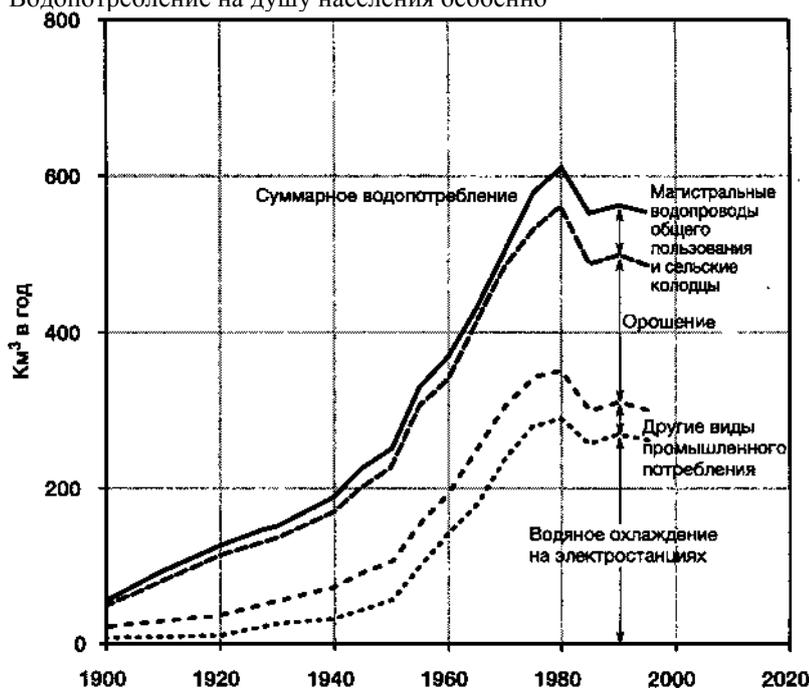


Рис. 3.6. Использование воды в США

Потребление воды в США с начала XX в. до примерно 1980 г. росло со средней скоростью 3% в год. С 1980 г. водопотребление несколько уменьшилось, кривая вышла на плато. (Источник: P. Gleick.)

уменьшилось в засушливых зонах — возросшие цены на воду стимулировали внедрение более эффективных технологий использования воды³³.

Водопотребление на душу населения в США возможно, несколько уменьшилось, однако еще очень высоким остается личное потребление воды: порядка 1500 м^3 на человека в год. Среднестатистический горожанин в развивающемся мире расходует только треть этого количества, а среднестатистический житель территорий, расположенных рядом с пустыней Сахара, вообще всего одну десятую³⁴. Миллиард человек все еще испытывают нехватку питьевой воды. Половина населения мира не обеспечена канализацией³⁵. Их потребность в воде растет, да она и должна

расти. К сожалению, они живут в тех областях мира, где доступной воды меньше всего.

Около трети мирового населения проживает в странах, которые испытывают среднюю или сильную нехватку воды, что частично объясняется ростом населения и расширением человеческой деятельности.

К 2025 г. примерно две трети мирового населения будут испытывать это неудобство. Дефицит воды и ее загрязнение приводят к повсеместному возникновению проблем со здоровьем, ограничивая общеэкономическое и аграрное развитие страны и нанося ущерб большому числу экосистем. Это может привести к очаговому распределению мирового производства продовольствия, и тогда многие регионы мира будут страдать от застоя³⁶.

Из рек Колорадо, Нил, Инд, Ганг, Хуанхэ (Желтая река), Сырдарья и Амударья на орошение и снабжение городов забирается столько воды, что они мелеют на протяжении части или всего года. В самых сельскохозяйственных штатах Индии — Пенджабе и Харьяне — уровень грунтовых вод понижается каждый год на полметра. В Северном Китае из скважин выкачивается ежегодно 30 км^3 воды, и это одна из причин, по которым мелеет Желтая река. Из водоносного горизонта Огалалла, снабжающего водой одну пятую всех орошаемых земель США, ежегодно выкачивается 12 км^3 воды. Его истощение уже привело к прекращению орошения на 1 млн га сельскохозяйственных земель. Центральная долина Калифорнии, где выращивается половина всего урожая фруктов и овощей, перерасходует примерно 1 км^3 подземных вод в год. По всей Северной Африке и Ближнему Востоку воду выкачивают из пустынных подземных горизонтов, практически либо совсем не возобновляющихся³⁷.

Выкачивание грунтовых вод со скоростями, превышающими скорости их восстановления - неустойчивый процесс. Либо виды деятельности, зависящие от него, придут в соответствие со скоростью восстановления ресурса, либо, если перерасход продолжится, это разрушит водоносный горизонт за счет просачивания соленых вод, проседания грунтов или просто истощения, а то и вследствие всех этих явлений совместно.

Перерасход грунтовых вод ускоряется. Неустойчивое потребление грунтовых вод наблюдается на всех континентах, кроме Антарктиды.

Peter Gleick, The World's Water 1998-99

Поначалу последствия нехватки воды носят в основном локальный характер. Но затем они распространяются на другие страны, все шире и шире, и тогда последствия становятся заметны в международном масштабе. Вероятно, первый симптом этого — рост цен на зерно.

Страны, испытывающие нехватку воды, удовлетворяют растущие потребности городов и промышленности за счет уменьшения орошения, а также за счет импортирования зерна, компенсирующего уменьшение собственного производства. Поскольку 1 т зерна эквивалентна 1000 т воды, импорт зерна - самый эффективный способ импортировать воду... Хотя вооруженные конфликты из-

за воды возможны всегда, конкуренция за воду происходит в основном на мировых зерновых рынках... Иран и Египет... уже импортируют больше пшеницы, чем Япония - традиционно ведущий мировой импортер. Импорт покрывает от 40% суммарного потребления зерна ... в обеих странах. Многие другие страны, испытывающие недостаток воды, также импортируют большую часть зерна. Марокко ввозит половину зерна. Алжир и Саудовская Аравия - более 70%. Йемен импортирует около 80% зерна, а Израиль - более 90%... Китай вскоре тоже будет вынужден выйти на мировой зерновой рынок³⁸.

Последствия для общества, чрезмерно вышедшего за свои ограничения по расходу воды, зависят от того, богатое это общество или бедное, есть ли достаточно воды у ближайших соседей и хватает ли им самим этой воды. Богатые общества могут импортировать зерно. Богатое общество, окруженное услужливыми соседями (как например, Южная Калифорния), может строить каналы, прокладывать трубопроводы и ставить насосы, чтобы импортировать воду. (Хотя иногда в таких случаях некоторые соседи начинают просить вернуть им эту воду). Богатые общества с большими запасами нефти, как, например, Саудовская Аравия, могут себе позволить использовать энергию ископаемого топлива, чтобы опреснять морскую воду (пока хватит этого топлива). Богатые общества, у которых нет ни того ни другого, как Израиль, могут развить такие технологии, что каждая капля воды будет работать с максимальной эффективностью, при этом основной упор будет делаться на технологии, требующие применения минимального количества воды. Некоторые страны могут использовать военную силу для того, чтобы захватить или получить доступ к водным ресурсам соседей. Общества, у которых нет ни одной из перечисленных возможностей, должны исповедовать самый экономный подход и строго регулировать потребление воды, иначе они окажутся во власти голода или из-за воды разгорится внутренний конфликт³⁹.

Как и при производстве продовольствия, существует много путей к устойчивому использованию воды, причем не за счет роста ее добычи и потребления, а благодаря более эффективному использованию имеющейся воды. Вот краткий список таких возможностей⁴⁰.

- Применять для конкретного использования воду соответствующего качества. Например, для слива в туалете или полива газонов можно использовать дождевую или сточную воду, а не питьевую.
- Использовать капельное орошение, которое требует воды на 30-70% меньше, а урожай дает на 20-90% больше, чем при традиционном орошении.
- Установить в душе, туалете и посудомоечной машине устройства экономии воды. В США среднестатистическая семья использует в сутки 0,3 м³ воды на человека. Этот объем можно уменьшить вдвое, если поставить устройства, позволяющие эффективно расходовать воду, — такие устройства доступны и технически, и финансово.
- Устранить протечки. Просто диву даешься, как много средств расходуют городские власти, чтобы увеличить поступление воды, вместо того чтобы за малую часть этих денег устранить протечки и получить в свое распоряжение больше воды. В США примерно четверть (!) перекачиваемой по трубопроводам воды теряется из-за протечек.

- Высаживать растения, соответствующие климату. В пустыне не надо выращивать культуры, требующие большого количества воды - например, люцерну или кукурузу. Садоводам и ландшафтным архитекторам надо использовать местные растения, не требующие полива.
- Использовать воду повторно. Многие виды промышленности, в основном в Калифорнии, где воды мало, разработали передовые, эффективные в экономическом отношении технологии сбора, очистки и повторного использования воды.
- В зонах городской застройки собирать дождевую воду. Цистерна или система сбора воды с крыш позволяет получить в свое распоряжение много воды и работает не хуже, чем дамба, но зато гораздо дешевле.

Один из лучших путей стимулировать внедрение таких подходов состоит в том, чтобы перестать субсидировать потребление воды. Если в стоимости воды будет хотя бы частично включена цена ее доставки до потребителя (финансовая, социальная и экологическая), то разумное использование воды быстро войдет в привычку. И Денвер, и Нью-Йорк с удивлением обнаружили, что установка в городе счетчиков водопотребления и расценок, пропорциональных расходу воды, сразу же уменьшают потребление воды семьей на 30—40%.

Существует еще и проблема изменения климата (об этом поговорим чуть позже). Если человечество позволит этому явлению прогрессировать, могут измениться гидрологический цикл (круговорот воды в природе), океанические течения, распределение и количество осадков, эффективность дамб, систем орошения и других форм хранения и перераспределения воды, другой станет и стоимость доставки воды повсюду на планете. Устойчивое использование воды невозможно без стабильности климата, что неразрывно связано с устойчивостью использования энергии. Человечество имеет дело с одной чрезвычайно сложной системой, полной взаимосвязей.

Леса

Существует четкая мировая тенденция к массовому уничтожению лесных угодий. .. Текущие тенденции направлены на ускорение сведения лесов, уничтожение оставшихся очагов реликтовых лесов, прогрессирующее ухудшение качества оставшихся лесных площадей. Преобладающая часть сохранившихся лесов истощается во все больших масштабах и находится под угрозой исчезновения. Всемирная комиссия по лесному хозяйству и устойчивому развитию, 1999
Лес — сам по себе ресурс, но он, кроме экономической функции, выполняет еще и экологическую. Леса смягчают климат, уменьшают последствия наводнений, предохраняют территории от засухи. Они смягчают последствия выпадающих ливней, создают и удерживают почву на откосах и склонах, спасают от заселения реки и морские побережья, оросительные каналы и водохранилища. Они дают приют жизни и поддерживают существование многих ее форм. Одни только тропические леса, занимающие всего лишь 7% земной поверхности, служат домом, как минимум, 50% видов на Земле. Многие из этих видов, от пальм до грибов, используемых в качестве красителей и применяемых в медицинских препаратах и в пище, имеют коммерческое значение, и они не могут существовать без соответствующих пород деревьев, обеспечивающих их экологический ареал

существования.

Леса связывают и удерживают большие количества углерода, регулируя содержание углекислого газа в атмосфере, ослабляя парниковый эффект и глобальное потепление. Наконец (и это далеко не последнее по важности значение), леса просто красивы, они служат отличным местом отдыха и умиротворения человеческой души.

До развития сельского хозяйства на Земле было от 6 до 7 млрд га лесов, сейчас - только 3,9 млрд, если включить сюда примерно 0,2 млрд га искусственных лесопосадок. Больше половины утраченных природных лесов планеты были сведены после 1950 г. Между 1990 и 2000 гг. площадь природных лесов уменьшилась на 160 млн га, что эквивалентно 4%⁴¹. Большинство лесов исчезает в тропиках. Уничтожение лесов средней полосы произошло задолго до 1990 г. — в ходе индустриализации Европы и Северной Америки.

Потеря лесов - это очевидный признак неустойчивости, истощения возобновимого ресурса. Но, как это часто бывает, под четкой общемировой тенденцией кроются большие региональные различия.

Необходимо различать две характеристики лесов как ресурса: площадь и качество. Существует огромная разница между гектаром девственного леса со столетними деревьями и бывшей вырубкой, на которой ценное в экономическом отношении дерево появится не раньше чем через 50 лет, а биологическое разнообразие, свойственное реликтовому лесу — вообще никогда. Тем не менее во многих странах данные по лесным площадям не отличают один тип леса от другого.

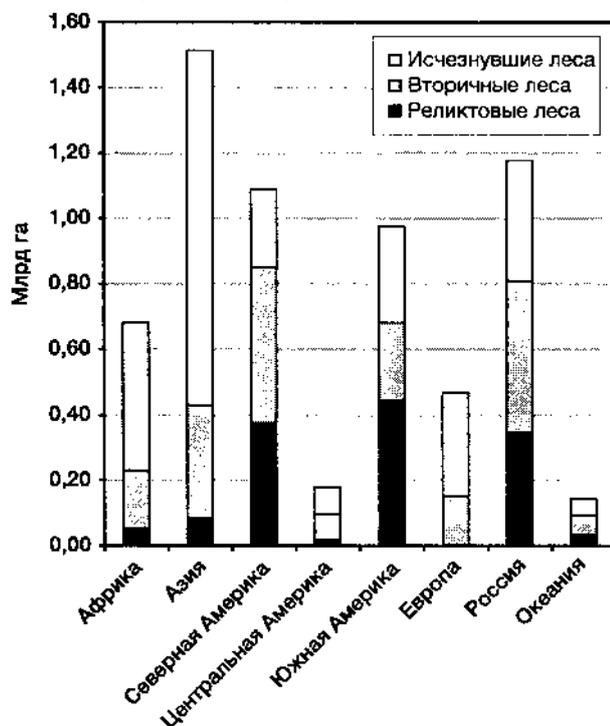
Качество леса гораздо сложнее измерить, чем площадь. Данные, по которым меньше всего споров, основываются на площади лесов соответствующего типа, например, статистике по лесным территориям, на которых вырубка не велась никогда (это первичные, девственные, реликтовые леса). К сожалению, нет никакого сомнения, что такие ценные леса быстро превращаются в менее качественные.

Лишь одна пятая часть (1,3 млрд га) исходных лесов Земли сохраняется в виде относительно нетронутых природных лесов⁴². Половина этого количества — бореальные леса (тайга) в России, Канаде и на Аляске; а большая часть остального — влажные тропические леса в Амазонии. Обширные территории прерываются зонами разработки недр, шахтами, сельскохозяйственными угодьями и другими территориями человеческой деятельности. Только 0,3 млрд га официально находятся под защитой (причем в некоторых случаях эта защита только на бумаге, на таких территориях часто проводят незаконные вырубки и/или уничтожают животный мир).

В США (исключение составляет только Аляска) утрачено 95% исходных лесов. В Европе лесов практически не осталось. В Китае утрачено три четверти лесов, причем уничтожен практически весь реликтовый лес (рис. 3.7). Вырубленные, но выросшие снова (вторичные) леса умеренного пояса несколько больше по площади, но подавляющая их часть бедна

питательными веществами, им не хватает видового разнообразия, размер деревьев невелик, растут они медленно, качество древесины среднее; эти территории не управляются устойчивыми методами.

Рис- 3-7- Сохранившиеся реликтовые леса



Лишь небольшая доля исходных мировых лесов осталась к 1997 г. нетронутой - это так называемые девственные, реликтовые леса. (Источник: WRI.)

Чуть меньше половины оставшихся природных лесов находятся в средней полосе (1,6 млрд га), остальное - в тропиках (2,1 млрд га). Между 1990 и 2000 гг. площадь природных лесов в умеренном поясе уменьшилась незначительно, примерно на 9 млн га, что составляет примерно 0,6% потерь за десятилетие. Половина природных лесов превратилась в интенсивно управляемые лесные фермы, поставляющие сырье для бумаги и пиломатериалов. Кроме того, примерно такая же площадь заново засажена лесом.

В то время как леса средней полосы относительно стабильны, площадь тропических лесов стремительно уменьшается. С 1990 по 2000 гг., по оценкам FAO, более 150 млн га оставшихся мировых природных тропических лесов — по площади это примерно равно территории Мексики — были расчищены для другого применения. В 90-е гг. XX в. скорость сведения лесов составляла примерно 15 млн га в год, или 7% за десятилетие.

И ведь это официальные оценки, в действительности же никто не знает, насколько быстро уничтожаются тропические леса. Величины год от года меняются, по ним постоянно возникают споры. Уже сам этот факт — неопределенность скорости истощения ресурса—является одной из

структурных причин выхода за пределы.

Первая официальная попытка оценить скорость исчезновения тропических лесов была предпринята FAO в 1980 г. и показала, что в год теряется порядка 11,4 млн га лесов. В середине 80-х гг. оценка скорости возросла до 20 млн га в год. После определенных изменений в политике, особенно в Бразилии, скорость сведения лесов к 1990 г. упала примерно до 14 млн га в год. Новая оценка FAO в 1999 г. показала, что теперь в год исчезает около 11,3 млн га леса, преимущественно тропического. И, как уже упоминалось раньше, к концу десятилетия эта цифра составляла примерно 15,2 млн га в год.

В эту величину включены только те территории, которые навсегда переходят в другую форму землепользования (в основном это сельское хозяйство и пастбища, вторым в списке идут прокладка дорог и застройка). В нее *не включена заготовка леса* (поскольку даже лес, в котором шла вырубка, продолжает считаться лесом). И эта величина совершенно не учитывает лесные пожары, уничтожившие порядка 2 млн га в Бразилии, 2 млн га в Индонезии,

1,5 млн га в Мексике и Центральной Америке только за 1997—98 гг. Если учесть скорость, с которой территории тропических лесов превращаются в безлесные участки, суммарное количество потерь практически превысит 15 млн га в год и может составить 1% от всех лесных площадей в год.

Несмотря на оценочный характер данных, их вполне можно использовать для того, чтобы определить общие перспективы существования естественных тропических лесов, если, конечно, существующие тенденции не изменятся. Кривые на рис. 3.8 начинаются с приблизительной величины площади тропических лесов—по оценке их величина на 2000 г. составляет 2,1 млрд га. Мы исходим из скорости исчезновения лесов на уровне 20 млн га в год (это больше оценки FAO, чтобы учесть в ней потери от пожаров, неустойчивых вырубок, а также известную привычку занижать

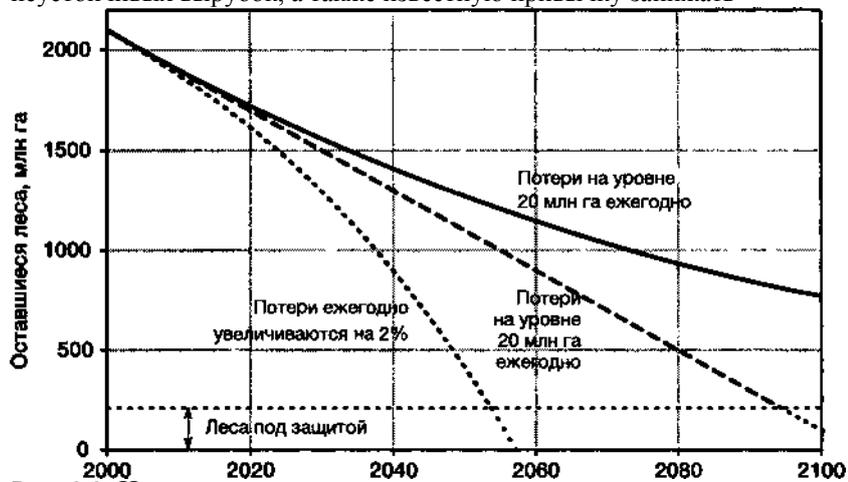


Рис. 3.8. Некоторые возможные варианты исчезновения тропических лесов

Оценки будущих потерь тропических лесов зависят от предположений о демографической ситуации, состоянии законодательства и экономики. На графике показаны три варианта развития событий. Если потери, начиная с уровня в 20 млн га в год (что было характерно для 90-х гг.), продолжают ежегодно увеличиваться на 2%, то с лесами, не находящимися под защитой, будет покончено к 2054 г. Если скорость сведения лесов останется постоянной на уровне 20 млн га в год, то незащищенные леса исчезнут к 2094 г. Если потери будут составлять 1% в год от оставшейся площади незащищенных лесов, то леса будут сокращаться по площади вдвое каждые 72 года.

потери). Горизонтальная линия на графике отображает предел исчезновения лесов, если 10% от существующих тропических лесов сохранятся под защитой — это примерно соответствует доле тропических лесов, которые находятся под той или иной формой государственной защиты⁴³.

Если *сведение лесов будет постоянно* идти со скоростью 20 млн га в год, то незащищенные первичные леса полностью исчезнут за 95 лет. Эта кривая отображена на рис. 3.8 удлинненным пунктиром. Она отображает развитие событий при условии, что разрушение лесов в течение всего века не ускорится и не замедлится.

Если скорость исчезновения лесов будет расти экспоненциально, например, как скорость роста населения в тропических странах (около 2% в год), то незащищенные леса полностью исчезнут через 50 лет. Это график отражает предположение о том, что сочетание роста численности населения и роста потребления продукции лесной промышленности вызовет экспоненциальный рост потерь лесов.

Если скорость исчезновения лесов будет составлять постоянный процент от площади оставшихся лесов (например, 1% в год), то график будет слегка замедлять снижение от года к году, поскольку оставшиеся площади от года к году будут все меньше. В этом случае каждые 72 года будет исчезать половина тропических лесов. Это график отражает предположение, что вырубка близкорасположенных, самых ценных лесов, будет приводить к тому, что следующие вырубки будут несколько меньше.

Реальное будущее, возможно, задействует все три варианта. Поскольку рост населения и экономики увеличивает спрос на продукцию лесной промышленности и одновременно нужно расчищать все больше земель под другие цели, вырубки будут вестись во все более удаленных местах, и древесина будет уже не такого высокого качества, поэтому такая деятельность будет обходиться все дороже. Одновременно стоит ожидать, что усилия экологов и политическое давление приведут к тому, что оставшиеся леса будут взяты под защиту, а древесина будет производиться больше за счет высокопродуктивных лесных плантаций. Хотя эти тенденции уравновешивают одна другую, тем не менее, итоговый вывод остается одним и тем же: современный поток продукции, получаемой от первичных тропических лесов, с большими деревьями, с высококачественной древесиной, которые были рождены планетой, выросли без затрат со стороны человека, — устойчивым не является.

Почвы, климат и экосистемы в тропиках очень отличаются от систем в средней полосе. В них больше биоразнообразия, тропические леса быстрее

растут, но они и более уязвимы. Неизвестно, могут ли они восстанавливаться полностью, без серьезного ущерба для почвы и экосистемы, даже после однократной сплошной вырубki или пожара. Хотя сейчас и проводятся эксперименты по поиску приемлемого для тропических лесов методa вырубki — выборочной рубки или рубки полосами, чтобы облегчить восстановление — тем не менее, повсеместная вырубka тропических лесов, и особенно самых ценных пород деревьев, ведется так, словно это вообще невозобновимый ресурс⁴⁴.

Причины сведения тропических лесов могут меняться в зависимости от страны. Один из мотивов — желание компаний, производящих бумагу и пиломатериалы, повысить продажи; другой — попытки правительства увеличить экспорт древесины, чтобы расплатиться с внешними долгами; третий — потребности фермеров и владельцев ранчо за счет лесов получить больше земли для ведения сельского хозяйства или под пастбища. Те, у кого нет земли вообще, рубят лес на дрова или в надежде расчистить себе место под посевы. Эти факторы часто выступают вместе, единым фронтом, при этом правительства поощряют компании вести вырубki, а бедняков — переселяться на отвоеванные у леса земли.

Существует еще одна причина неустойчивого лесопользования как в средней полосе, так и в тропиках. В мире, где высококачественная древесина исчезает, даже одно большое старое дерево может стоить от 10 тыс. дол. и более. Это большое искушение. Порой леса, находящиеся в общественной собственности, передаются в пользование частному лицу буквально даром. Лес тайком распродается, при этом ведется черная бухгалтерия; ордера на древесные породы, количества и площади вырубок поддельваются; закон смотрит на это сквозь пальцы; дельцы идут на сговор; господствует практика дачи взяток и откатов — и происходит это не только в тропиках.

Комиссия обнаружила, что коррупция — самая распространенная проблема в лесной промышленности, вопиющая проблема, которой, тем не менее, уделяется крайне мало внимания⁴⁵.

Даже в самых контролируемых тропических лесах, где меньше всего коррупции, лес исчезает, но неизвестно какими темпами. В издании этой книги, вышедшем в 1992 г., мы показали на карте потери леса в одной маленькой стране, Коста-Рике. В надежде обновить эти данные мы обратились в Исследовательский центр устойчивого развития в Университете Коста-Рики, но услышали только, что, действительно, прежние данные следует обновить, но для этого все ждут, когда будут разработаны более точные методы измерения.

Рост спроса на продукцию лесной промышленности только осложняет проблему исчезновения лесов. Между 1950 и 1996 гг. мировое потребление бумаги выросло в 6 раз. FAO предполагает, что к 2010 г. потребление вырастет с 280 до 400 млн т⁴⁶. В США среднестатистический гражданин расходует 330 кг бумаги в год. В других развитых странах средний расход на душу человека составляет только 160 кг, а в развивающихся странах —

всего 17 кг. Хотя вторичная переработка бумаги и расширяется, тем не менее, вырубка девственных лесов на целлюлозу растут на 1-2% в год.

Суммарное потребление древесины на все цели — производство стройматериалов, бумаги, даже на дрова — расширяется год от года, хотя скорость роста и замедляется (рис. 3.9). -Одна из причин замедления роста в 1990-е гг. — экономические проблемы, волной прокатившиеся по Азии и России. Снижение потребления круглой древесины может быть временным явлением. Если бы каждый человек в мире расходовал древесину в таких же количествах, что и жители промышленно развитых стран, то суммарный расход древесины вырос бы более чем вдвое⁴⁷.

Тем не менее существуют способы снижения расхода древесины, например, развитие вторичной переработки и более эффективное ее использование. Если эти направления будут развиваться, мир с легкостью сможет удовлетворять свои потребности в древесине при гораздо меньшем воздействии на леса. Например:

- **Повторное использование бумаги.** Примерно половина бумаги, производимой в США, изготавливается из переработанной бумаги; в Японии этот показатель превышает 50%, а в Голландии - 96%. В среднем по миру 41% бумаги и картона идет на переработку⁴⁸. Если бы мир мог последовать примеру Голландии, доля переработки бумаги выросла бы более чем вдвое.

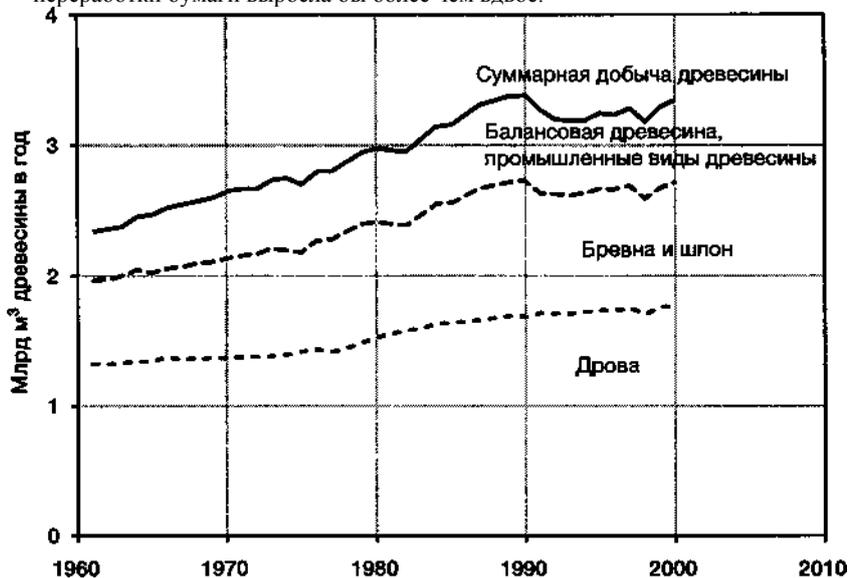


Рис. 3.9. Использование древесины в мире
Потребление древесины в мире растет, хотя и с уменьшающейся скоростью. Примерно половину добываемой древесины в мире используют на дрова. (Источник: FAO.)

- **Эффективность лесопильного оборудования.** Современные лесопильные агрегаты примерно 40—50% необработанного лесоматериала превращают в целевой продукт, а остальное идет на дрова, изготовление бумаги или древесностружечных плит. Менее эффективное оборудование, особенно в развивающихся странах, позволяет использовать только 25—30% необрабо-

танной древесины. Если такое устаревшее оборудование модернизировать, из каждого срубленного дерева можно будет изготовить вдвое больше продукции⁴⁹.

- **Более эффективное использование топлива.** Свыше половины срубленной древесины в бедных районах идет на приготовление пищи, обогрев и мелкое производство (изготовление кирпичей, пивоварение, сушка табака), причем дрова сгорают в крайне неэффективных печах или просто в кострах. Большая эффективность печей или альтернативные виды топлива могут удовлетворить потребности человека при гораздо меньшем воздействии на леса, меньшем загрязнении воздуха и меньших трудозатратах на добывание дров.
- **Эффективное использование бумаги.** Половина производимых в мире бумаги и картона используется на упаковку и рекламу. Среднестатистическая семья в США получает примерно 550 рекламных писем в год (там называют это макулатурной почтой), большинство из них выбрасывают не читая. Несмотря на эпоху электронных средств, а может, как раз из-за нее, потребление бумаги на душу населения в США с 1965 по 1995 гг. удвоилось. От избыточной упаковки и расходов бумаги на макулатурную почту можно избавиться, а принтеры и факсы, печатающие только на одной стороне листа (да и другие расточительные технологии) можно усовершенствовать.
- **Полная стоимость лесных материалов и их производных.** Можно перестать выдавать лесной промышленности прямые и косвенные правительственные субсидии, отразить действительную ценность леса в налогах на его заготовку на корню, и тогда цены на продукцию лесной промышленности приблизятся к реальности.

Передовые технологии, применяемые в промышленно развитых странах, вероятно, позволят, как минимум, вдвое уменьшить вырубку лесов, а заодно снизится и поток отходов на выходе. При этом качество жизни изменится или очень мало, или не изменится вовсе.

Кроме того, ту же самую продукцию, что и сейчас, можно производить с гораздо меньшим вредом для окружающей среды. Вместо сплошной вырубки, особенно на склонах, надо перейти к выборочной рубке или рубке полосами. Полосы с невырубленными деревьями вдоль рек уменьшат эрозию и защитят водные экосистемы от опасных для них солнечных лучей. Некоторые сухие и упавшие деревья следует оставлять, так как они служат экологическими нишами для живых организмов.

Сейчас растет движение за «зеленую сертификацию», которая позволяет потребителям отличить лесную продукцию, полученную с помощью лесосберегающих технологий и правильных методов лесопользования. К концу 2002 г. Совет по лесному контролю (Forest Stewardship Council) сертифицировал более 30 млн га площадей как «устойчиво используемые леса». Хотя это и немного, такие участки неуклонно расширяются, доказывая действенность рынка, в данном случае — действенность потребительского спроса на сертифицированную древесину.

Высокопродуктивные лесные плантации можно распространить на уже вырубленные или пограничные земли. Древесные плантации могут давать поразительно много древесины с гектара, выводя из-под удара естественные лесные массивы.

Вот показательный пример. Высокопродуктивная тропическая лесная плантация может дать в среднем 100 м^3 древесины с гектара в год. Это более чем в 40 раз превышает среднюю скорость роста лесов умеренного пояса, которая позволяет получить только около $2,5 \text{ м}^3$ древесины с гектара в год. При широком использовании плантаций ими достаточно занимать всего 34 млн га (что эквивалентно площади Малайзии), чтобы обеспечить всю современную мировую потребность в целлюлозе, пиломатериалах и дровах. И даже если продуктивность будет вдвое меньше, всего 50 м^3 с гектара в год, для удовлетворения мировой потребности нужна будет площадь в 68 млн га (территория Сомали). Чтобы устойчиво поддерживать такую высокую продуктивность тропических лесных плантаций, в лесном хозяйстве потребуются применить больше «органических» методов: смешение или ротация пород и использование натуральных методов удобрения и борьбы с вредителями, не таких разрушительных, как традиционные методы.

Существует много способов вернуть скорости потребления лесной продукции в устойчивые рамки. Все эти способы практически реализуемы. Каждый из них где-то в мире уже используется, но необходимо распространить их повсеместно. Поэтому пока что леса продолжают исчезать. Хотя в последние годы мировое общество демонстрирует все большую озабоченность проблемой исчезновения лесов, тем не менее, это не привело к сколько-нибудь заметному замедлению скорости их сведения⁵⁰.

Биологические виды и функции экосистем

Индекс живой планеты (Living Planet Index) — это показатель состояния мировой природной системы. Он... имеет отношение к распространенности лесов, доступности пресной воды, изобилию морских видов. Этот индекс показывает общее ухудшение состояния системы на 37% в период с 1970 по 2000 г. Всемирный фонд защиты природы, 2002

Почвы, воды и леса — это очевидные источники, от которых зависят потоки, поддерживающие жизнь и экономику человечества. Существует и другой набор источников, такой же важный, но менее очевидный, поскольку экономика человечества никогда не придавала ему значимости в денежном выражении. Это некоммерческие, не имеющие рыночной ценности биологические виды, образуемые ими экосистемы, и поддерживающие функции, которые они выполняют, собирая, перемещая и перерабатывая энергию и материальные потоки, необходимые для поддержания жизни.

Сегодня ключевым понятием стали *функции экосистем* — неоценимый вклад биотических источников в нашу жизнь. В состав этих функций входят:

- очищение воздуха и воды;
- поглощение и накопление воды, смягчение засух и наводнений;
- разложение, нейтрализация и связывание отходов;
- восстановление в почве питательных веществ, наращивание почвенного слоя;
- опыление;
- борьба с сельскохозяйственными вредителями;

- рассеивание семян и распределение питательных веществ;
- ослабление ветров и смягчение температурных перепадов; частичная стабилизация климата;
- обеспечение широкого разнообразия аграрной, медицинской и промышленной продукции;
- эволюция и поддержание биотического генетического фонда и биоразнообразия, которые выполняют перечисленные задачи;
- уроки выживания, устойчивости к внешним воздействиям, эволюции и достижения разнообразия, которые обеспечили существование экосистем на протяжении трех с лишним миллиардов лет;
 - огромное эстетическое, духовное и интеллектуальное значение⁵¹.

Хотя ценность всех этих факторов измерить невозможно, люди все равно пытаются количественно измерить их. И все эти попытки оценить значение природных ресурсов в деньгах приводят к величинам порядка триллионов долларов в год, что многократно превышает денежное выражение годового оборота экономики человечества⁵².

По оценкам Всемирного фонда защиты природы (WWF) за последние 30 лет мир утратил значительную часть функций экосистем. Это по-прежнему очень сложно оценить количественно. Самый распространенный (хотя и не самый показательный) метод состоит в оценке числа биологических видов и скорости их исчезновения.

Как ни странно, сделать это невозможно. Ученые не знают, сколько на самом деле этих видов на планете. Их число оценивается с точностью только до порядка: где-то от 3 до 30 млн⁵³. Только примерно 1,5 млн из них описаны и классифицированы. И это те виды, которые имеют большие размеры и легко заметны: зеленые растения, млекопитающие, птицы, рептилии... Гораздо меньше науке известно о миллионах насекомых и еще меньше о микроорганизмах.

Поскольку никто не знает, сколько всего на планете видов, никто не может сказать, сколько их потеряно. Нет сомнения только в том, что эти потери быстро увеличиваются. Многие биологи открыто говорят, что массовое исчезновение идет полным ходом⁵⁴. Экологи заявляют, что такой волны исчезновения не было со времен вымирания динозавров в конце мелового периода 65 млн лет назад.

К такому заключению они приходят прежде всего из-за скорости, с которой исчезают экологические ниши. Например:

- Мадагаскар — это настоящая биологическая сокровищница; в восточных лесах встречается 12 000 изученных видов растений и 190 000 изученных видов животных, как минимум 60% из них — эндемики, то есть нигде больше на Земле не встречаются. Более 90% этих лесов вырублены, чтобы расчистить место для сельского хозяйства.
- В Западном Эквадоре раньше насчитывалось от 8 до 10 тыс. растений, половина из них — эндемики. Каждый растительный вид поддерживал от 10 до 30 животных видов. С 1960 г. практически все западные леса Эквадора превратились в банановые плантации, а также дали место застройке и нефтяным вышкам.

Нетрудно догадаться, что большинство видов исчезает в тех местах, где

их было больше всего. В основном это тропические леса, коралловые рифы и болота. Как минимум 30% коралловых рифов на планете находятся в ужасающем состоянии, 95% из них, как показано в ходе всемирного исследования в 1997 г., страдали от деградации и исчезновения видов⁵⁵. Болота находятся в еще большей опасности. Они характеризуются высокой биологической активностью, включая размножение многих видов рыб. Только 6% земной поверхности занято болотами - вернее, было занято. Примерно половину болот осушили, засыпали, углубили или превратили в каналы. И никто не считал, сколько болот пострадало от загрязнения.

Оценка глобального исчезновения видов начинается с подсчета ареалов обитания, что можно сделать достаточно точно. Затем делается предположение о том, сколько видов могло существовать в утерянном ареале, а вот это предположение уже грешит неопределенностью. Затем делается предположение о взаимосвязи между потерей места обитания и исчезновением видов. Существует эмпирическое правило: 50% видов сохраняется даже в том случае, если разрушено 90% ареала.

Эти подсчеты — предмет серьезного обсуждения⁵⁶. Но мы поступаем с этими оценками так же, как и с другими численными данными в этой главе: нам важно уловить общую тенденцию. Крупные животные изучены сравнительно хорошо, и ученые дают такую оценку: примерно 24% из 4700 видов млекопитающих, примерно 30% из 25 000 видов рыб и примерно 12% из почти 10000 видов птиц находятся под угрозой исчезновения⁵⁷. Примерно то же происходит с 34000 из 270000 известных видов растений⁵⁸. Оцениваемая скорость исчезновения сейчас в 1000 раз больше, чем была бы без влияния человека⁵⁹.

Подсчет потерь видов не годится как метод оценки устойчивости биосферы, поскольку никто не знает, где находится предел. Сколько видов (и какие из них) могут исчезнуть из системы, чтобы это не привело к ее разрушению? Можно привести аналогию с самолетом и его заклепками: представьте себе, что вы вынимаете их одну за другой, чтобы посмотреть, в какой момент самолет начнет падать. А ведь в самолете все заклепки отдельные, они не связаны друг с другом. В экосистеме же виды взаимосвязаны. Если один вид исчезнет, это может вызвать цепную реакцию...

Сознавая, как сложно измерить скорость исчезновения видов на планете, Всемирный фонд защиты природы (WWF) в Индексе живой планеты (*Living Planet Index*) использовал другой метод оценки снижения биологического разнообразия. Вместо подсчета количества исчезнувших видов Фонд отслеживает численность популяций большого количества известных видов. Полученные данные затем усредняют, чтобы получить количественную оценку изменения численности популяции во времени для так называемых «типовых» видов. С помощью этого метода Фонду удалось заключить, что популяция «среднестатистического» вида с 1970 г. уменьшилась больше чем на треть⁶⁰. Другими словами, количество животных и растений явно уменьшилось. Это подтверждает, что функции экосистем используются неустойчиво. В «Предостережении

человечеству от ученых мира" ("World Scientists' Warning to Humanity"), которое в 1992 г. подписали почти 1700 ведущих ученых, включая большинство Нобелевских лауреатов, это прозвучало со всей четкостью:

Наше массивное вмешательство в природу со всеми ее взаимосвязями — в сочетании с вредом, наносимым окружающей среде за счет сведения лесов, исчезновения видов и изменения климата, может вызвать цепь негативных последствий по всему миру, включая непредсказуемое разрушение ключевых биологических систем, строение и динамику которых мы едва понимаем. Незнание масштабов этих явлений ни в коем случае не извиняет нашей самоуспокоенности и промедления в признании опасности⁶¹.

Невозобновимые ресурсы

Ископаемые виды топлива

Анализ запасов ископаемого топлива и темпов открытия новых месторождений по всему миру показывает, что в течение ближайшего десятилетия добыча природной нефти не будет покрывать потребностей в ней... Темпы открытия новых нефтяных месторождений по всему миру достигли максимума в шестидесятые годы, и с тех пор они только снижаются... Количество нефти в мире ограничено, и нефтяная промышленность уже выявила 90% всех мировых запасов.

Колин Дж. Кемпбелл и Джин Х. Лагеррер (Colin J. Campbell and Jean H. Laherrere), 1998 В настоящее время нет данных о доступности нефти в ближайшем будущем... Мировые запасы нефти не бесконечны, и мировое производство в какой-то момент достигнет пика, а затем начнет снижаться... Принято считать, что мировое производство нефти не достигнет максимума еще десять или двадцать лет, примерно между 2010—2025 г.

Мировые ресурсы (World Resources), 1997

Оценки оптимистов и пессимистов различаются всего на пару десятилетий — одни ожидают наступление максимума производства позже, другие раньше. Но все они сходятся во мнении о том, что нефть — самый ограниченный из ключевых видов ископаемого топлива, и что максимум будет достигнут в первой половине текущего столетия. Экономика человечества с каждым годом расходует на 3,5% больше энергии, эта тенденция четко прослеживается с 1950 по 2000 г. Мировое потребление энергии иногда дает скачки, но тому есть причины — войны, спад производства, непостоянство цен, технические изменения в отрасли (рис. 3.10). Большая часть этой энергии используется в промышленно развитом мире. Среднестатистический житель Западной Европы расходует в 5,5 раз больше коммерческой энергии⁶², чем среднестатистический африканец. Среднестатистический североамериканец использует в 9 раз больше энергии, чем среднестатистический же индеец⁶³. А ведь речь идет о коммерческой энергии — многие жители мира обходятся вообще без нее. Более четверти населения земного шара не использует электричества, две пятых зависят от традиционных источников энергии на основе биомассы. Хотя количество людей, не использующих электричество, в ближайшие десятилетия уменьшится, тем не менее ожидается, что 1,4 млрд чел. в 2030 г. по-прежнему не будут иметь возможности пользоваться электроэнергией. При этом число людей, применяющих для обогрева и приготовления пищи дрова, сухие стебли сельскохозяйственных

растений и кизяк, только вырастет⁶⁴.

Большинство специалистов по энергетике ожидают, что мировое потребление энергии продолжит расти. Базовый сценарий, рассчитанный Международным агентством по энергетике (International Energy Agency) в прогнозе развития мировой энергетики *World Energy Outlook 2002*, приведенном выше, предполагает в период с 2000 по 2030 г. рост потребления энергии от первичных источников на две трети. И даже альтернативный сценарий, с большей заботой об окружающей среде, предусматрива-

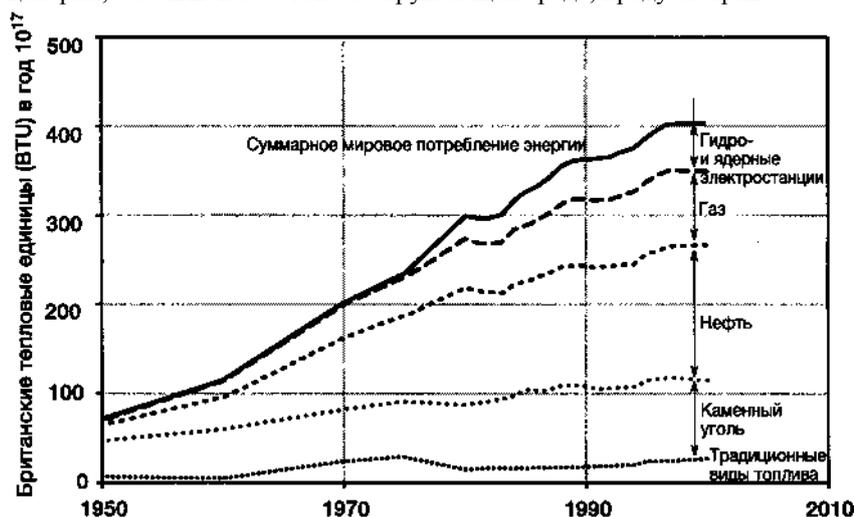


Рис. 3.10. Мировое использование энергии

В период с 1950 по 2000 гг. мировое потребление энергии удваивалось трижды. В качестве основных источников энергии по-прежнему доминируют ископаемые виды топлива: максимум добычи каменного угля был достигнут примерно в 1920 г., в то время более 70% потребления топлива приходилось на уголь; добыча нефти достигла пика в восьмидесятые годы, составляя примерно 40% используемого топлива. Природный газ, загрязняющий окружающую среду меньше, чем уголь и нефть, в будущем станет более популярным источником энергии. (Источники: UN; U.S. DoE.)

1 BTU = 60,3 кг/кДж (прим. ред. перевода) и более чем 50%-ный рост потребления энергии в мире в ближайшие 30 лет. Подробный анализ, выполненный Датским агентством по энергетике (Danish Energy Agency), показывает, что для обеспечения 9,3 млрд чел. (а именно таким может быть население мира в 2050 г.) энергией, достаточной для удовлетворения основных потребностей, потребуется вырабатывать в шесть раз больше энергии, чем в 2000 г. (оценивалась энергия, потребленная конечными пользователями)⁶⁵.

Более 80% коммерческой энергии, использованной в 2000 г., приходилось на невозобновимые ископаемые виды топлива: нефть, природный газ и каменный уголь. Подземные запасы этих полезных ископаемых неумолимо истощаются. Чтобы определить, есть ли проблемы неустойчивости источников (к проблемам стоков мы перейдем позже), необходимо проверить скорость, с которой истощаются эти ресурсы, и скорость, с которой им можно найти равнозначную замену среди возобновимых ресурсов.

В этой области царит полное замешательство — даже насчет того, бу-

дут ли когда-либо указанные невозобновимые ресурсы израсходованы полностью. Недопонимание возникает из-за того, что внимание акцентируется не на том понятии, на котором нужно. *Ресурс* — это понятие, описывающее суммарное количество определенного вещества в земной коре; *запас* — это понятие, описывающее разведанное или предполагаемое количество вещества, которое потенциально можно извлечь и использовать по приемлемой цене, применяя соответствующие технологии. Ресурс неизбежно уменьшается, в то время как запасы некоторое время могут увеличиваться, если геологическая разведка находит новые месторождения, если растут цены на полезные ископаемые, если улучшаются технологии. Сложилась порочная практика делать заявления насчет ресурсов, основываясь на данных по запасам.

Между 1970 и 2000 гг. мировая экономика сожгла в топках 700 млрд баррелей нефти, 87 млрд т каменного угля и 51 трлн м³ природного газа. За те же 30 лет были обнаружены новые месторождения нефти, угля и газа, а также уточнились оценки объемов некоторых старых месторождений, и оказалось, что они больше, чем ожидалось. В результате отношение известных запасов к добыче⁶⁶ — то есть число лет, на которые этих запасов хватит, если объемы добычи останутся теми же - в настоящее время растет, как показано в табл. 3.1.

Такое увеличение показателя запас/добыча произошло несмотря на то, что существенно выросло потребление газа (с 1970 по 2000 гг. примерно на 130%), нефти (примерно на 60%) и каменного угля (примерно на 145%). Но означает ли такое увеличение, что в 2000 г. под землей оказалось больше полезных ископаемых, чем было в 1970 г.?

Конечно же, нет. За три десятилетия эксплуатации месторождений в них стало меньше нефти на 700 млрд баррелей, угля на 87 млрд т и природного газа на 51 трлн м³. Ископаемые виды топлива невозобновимы.

Таблица 3.1. Годовая добыча нефти, природного газа и каменного угля, а также показатель запас/добыча и ожидаемое время существования ресурса

	1970, годовая добыча	1970, отношение запас/добыча, год	2000, годовая добыча	2000, отношение запас/добыча, год	Ожидаемое время наличия ресурса, год
НЕФТЬ	17 млрд баррелей	32	28 млрд баррелей	37	50-80
ГАЗ	1,1 трлн м ³	39	2,5 трлн м ³	65	160-310
УГОЛЬ	2,2 млрд т	2300	5,0 млрд т	217	Очень долго

Оценки ресурсов основываются на сумме запасов разведанных и предполагаемых. Ресурс, деленный на объем добычи в 2000 г., позволяет оценить ожидаемый срок существования ресурса. Величины запасов каменного угля в 1970 го. и в 2000 г. сравнивать нельзя, так как тогда использовались разные определения запасов. Уголь был и остается самым распространенным видом ископаемого топлива. (Источники: U.S. Bureau of Mines; U.S. DoE.)

1 баррель сырой нефти равен 138,97 л (*прим. ред. перевода*)

Их сжигают, они превращаются в углекислый газ, воду, диоксид серы и ряд сопутствующих соединений, которые никогда (как минимум, по человеческим меркам времени) не превратятся снова в запасы ископаемых видов топлива). Мало того, эти соединения выступают еще и в качестве загрязнителей, которые переполняют планетарные стоки.

Те, кто полагает, что открытие за последние 30 лет новых месторождений означает отсутствие пределов ископаемому топливу, видят только часть энергетической системы (рис. 3.11).

Чтобы *открыть новые месторождения*, необходимы инвестиции в геологическую разведку (бурение скважин, разведка с воздуха и из космоса, глубинное зондирование и отбор проб). Так обнаруживаются новые залежи полезных ископаемых, что увеличивает *разведанные запасы*: они уже определены, но ископаемое топливо еще не добыто. Процесс добычи позволяет извлечь запасы из-под земли; на это идут *инвестиции в добывающие отрасли* (шахты, вышки и скважины для выкачивания нефти, нефтеперерабатывающее оборудование и транспортные магистрали), и в результате добытое топливо поступает к месту хранения. Затем инвестиции в оборудование, использующее энергию сгорания топлива (котлы, автомобили, электрогенераторы), позволяют сжечь добытое топливо и получить полезную энергию⁶⁷.

До тех пор, пока скорость разведки новых месторождений превышает скорость добычи, объем разведанных запасов растет. Но рис. 3.11 отражает только часть системы. Дополненная схема должна включать



Рис. 3.11. От разведанных запасов к добытому топливу расположенные в начале и в конце цепи источники и стоки для ископаемых видов топлива (рис. 3.12):

Поскольку *добыча* приводит к уменьшению объемов *разведанных запасов*, человечеству приходится вкладывать средства в разведку новых месторождений. Однако возможности открыть новое месторождение ограничены, ведь суммарные количества ископаемого топлива на планете конечны, они не возобновляются. Объем еще *не открытых запасов* может быть огромным, но он не бесконечен и не возобновим.

На другом конце схемы процесс сжигания топлива приводит к появлению загрязнений, которые попадают в финальный сток — в биогеохимическую систему планеты, в которой загрязнения либо разлагаются и

превращаются в безопасные соединения, либо отравляют среду и приводят к ее деградации. Загрязнения самых разных типов попадают в окру-



Рис. 3.12. От еще не открытых запасов к загрязнению
 жающую среду и на всех остальных этапах схемы, от геологической разведки до добычи, далее до переработки на предприятиях нефтегазовой отрасли, при транспортировке и хранении. Хотя за последние десятилетия в области снижения выбросов загрязнителей удалось добиться впечатляющих результатов, особенно при бурении, тем не менее, в США производство энергии остается самым большим источником загрязнения грунтовых вод.

Никто точно не знает, какой фрагмент схемы окажется определяющим при достижении пределов - источник или сток. Тридцать лет назад, накануне скачка цен, вызванного политикой Организации стран-экспортеров нефти (ОПЕК), узким местом предоставлялись именно источники. Сегодня, когда на первый план выходит проблема изменения климата, определяющее значение приобретают стоки. На планете столько запасов каменного угля, что его использование, судя по всему, будет ограничено емкостью атмосферного стока - неспособностью планеты принять столько диоксида углерода. Использование нефти может быть ограничено с обоих концов схемы: сжигание нефти приводит к образованию парниковых газов и других загрязнителей, а запасы расходуются так быстро, что истощатся первыми из всех видов ископаемого топлива. Сейчас многие полагают, что основным ресурсом для производства энергии станет газ, что он заменит все прочие невозобновимые ресурсы, пока не появятся альтернативные, устойчивые источники энергии. Но опыт показывает, что человечеству на переход с одного основного источника энергии на другой требуется порядка 50 лет, а в мире тем временем может произойти существенное ухудшение ситуации: либо из-за изменения климата, либо из-за истощения одного из ключевых видов топлива.

Оценки объемов неразведанных запасов нефти и газа очень сильно варьируются, и уточнить их невозможно, но в табл. 3.1 нам все-таки пришлось опираться на оценочные данные. Такие оценки всегда имеют ши-

рокий диапазон неопределенности. Они показывают, что остающихся нефтяных ресурсов (то есть суммы разведанных и неразведанных запасов) хватит еще на 50—80 лет, если скорость потребления сохранится такой же, как в 2000 г. Газа хватит на срок от 160 до 310 лет, каменного угля — на еще больший срок. По мере истощения ресурса, стоимость его добычи будет, разумеется, возрастать. Если же учесть еще и политические соображения, то цена может дополнительно повыситься. Например, в 2000 г. 30% мировой добычи нефти приходилось на Ближний Восток и еще 11% — на территории бывшего Советского Союза; на два этих региона вместе приходится две трети мировых запасов нефти.

Истощение нефти не будет выглядеть как резкая остановка добычи или внезапное пересыхание нефтяных потоков. Скорее это выразится в уменьшении отдачи от инвестиций в нефтедобычу. Остающиеся запасы будут сконцентрированы в руках всего нескольких стран, и в итоге в ми-

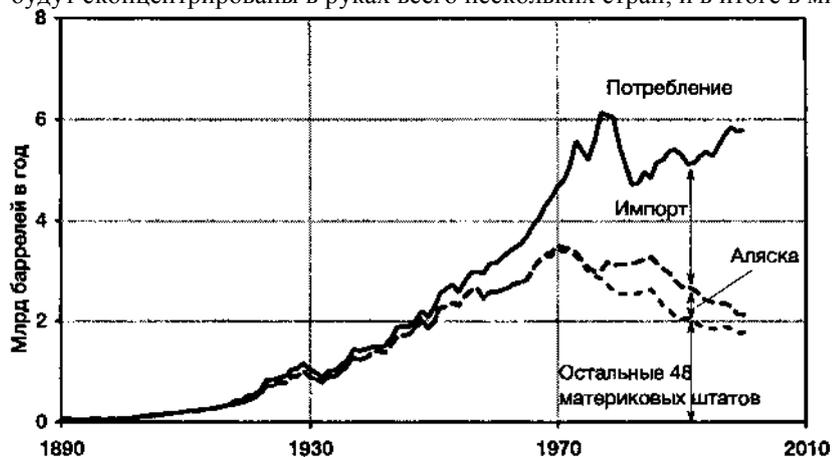


Рис. 3.13. Добыча и потребление нефти в США

Собственное производство нефти Соединенными Штатами достигло максимума в 1970 г., и с тех пор добыча нефти в 48 материковых штатах (кроме Аляски) снизилась на 40%. И даже обнаруженные новые месторождения на Аляске не компенсируют такое снижение. (Источники: API; EIA/DoE.)

ровом производстве нефти будет достигнут максимум, после которого оно пойдет на убыль. Примером могут служить Соединенные Штаты. Их собственные огромные запасы нефти израсходованы уже больше чем наполовину. Максимум в обнаружении новых месторождений был достигнут между 1940 и 1950 гг., максимум собственного производства нефти — в 1970 г., современная потребность в нефти все больше удовлетворяется за счет импорта (см. рис. 3.13).

Примерно то же самое произойдет и во всем мире. На рис. 3.14 показаны два сценария мировой добычи нефти, основанные на примерно тех же оценках нефтяных ресурсов, что использовались в табл. 3.1. Предполагается, что потребление нефти больше увеличиваться не будет, оно останется на сегодняшнем уровне, а затем, через несколько десятилетий, добыча начнет постепенно уменьшаться, и это будет происходить в течение

всего XXI в. Такие сценарии подтверждаются тем, что в мире максимум поиска новых месторождений был пройден в 60-е гг., что в ход идут все более труднодоступные месторождения (а значит, дополнительно увеличиваются расходы), причем не только на Аляске, но и в глубоководной зоне Северного Ледовитого океана, и в удаленных районах Сибири.

Природный газ — очевидный заменитель нефти для множества целей. Из всех видов ископаемого топлива природный газ дает меньше всего загрязнений на единицу энергии (это касается и выбросов парникового газа — диоксида углерода CO_2), поэтому мир заинтересован в том, чтобы

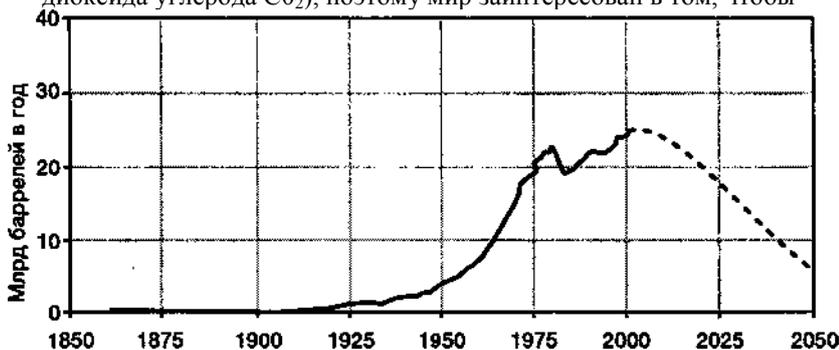


Рис. 3.14. Сценарии мировой добычи нефти

Производство нефти в мире до 2000 г. показано сплошной кривой. Методы геолога М. Кинга Хубберга (M. King Hubberth) использованы для определения наиболее вероятных объемов добычи нефти в будущем. Пунктирная линия в правой части графика отражает вероятные объемы добычи, если оставшиеся неразведанные запасы составляют примерно 1,8 трлн баррелей (площадь под пунктирной частью графика). (Источник: K.S. Deffeyes.)

побыстрее перейти с нефти и каменного угля на газ. Это, в свою очередь, увеличит скорость истощения запасов газа, вплоть до таких масштабов, которые очень удивят людей, не вполне понимающих динамику экспоненциального роста. Рисунки 3.15 и 3.16 показывают, почему это произойдет.

В 2000 г. показатель запас/добыча для природного газа был равен 65 годам, означая, что если разведанные запасы будут расходоваться с той же скоростью, что и в 2000 г., то запасов хватит до 2065 г. Такая экстраполяция неправильна, как минимум, по двум причинам. Во-первых, будут открыты новые месторождения, которые в расчетах не учитывались. Во-вторых, потребление газа в сравнении с масштабами 2000 г. постоянно увеличивается.

Поэтому правильнее было бы начать с оценки остающихся ресурсов газа, то есть суммы разведанных и неразведанных запасов. Предположим для примера, что будет получено подтверждение того, что газовых ресурсов хватит на 260 лет при уровне потребления 2000 г. Это примерно середина расплывчатой оценки «от 160 до 310 лет», приведенной в табл. 3.1. Если объемы потребления останутся такими же, как в 2000 г., газовые ресурсы будут постепенно истощаться, в соответствии с диагональной линией на рис. 3.15. Их хватит на 260 лет. Но если потребление газа продолжит расти, как это и происходит с 1970 г., примерно на 2,8% каждый год, то ресурс

будет расходоваться экспоненциально, по графику, показанному на рис. 3.15 мелким пунктиром. Ресурс подойдет к концу не в 2260 г., а в 2075; его хватит не на 260 лет, а только на 75.

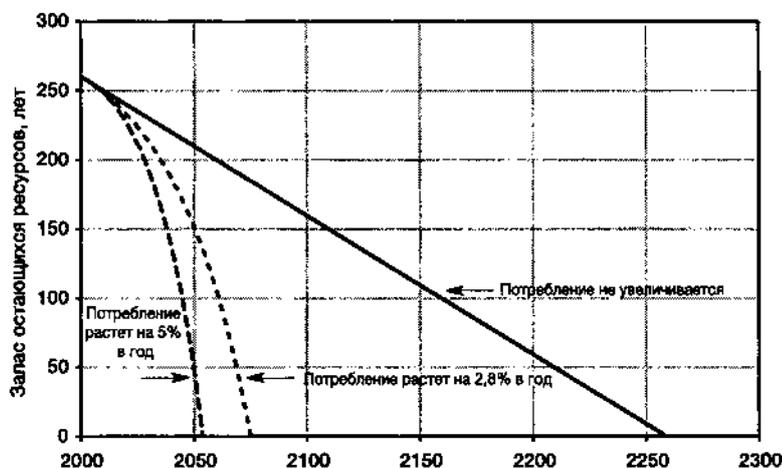


Рис. 3.15. Возможные перспективы истощения газовых ресурсов в будущем. Если оставшихся неразведанных, но потенциально доступных ресурсов природного газа хватит на 260 лет при уровне потребления 2000 г., потребление продлится до 2260 г. Однако истощение нефти в сочетании с проблемами, которые вызывает использование каменного угля, может ускорить переход на газ и увеличить его потребление уже в ближайшие десятилетия. Если потребление газа продолжит расти со скоростью 2,8% в год, то ресурсы истощатся к 2075 г. Если темп роста составит 5% в год, то весь мировой газ будет израсходован к 2054 г.

Добыча к 2000 г.	2000–2025	2050–2075
2025–2050		
<p>Это количество газа должно быть открыто и добыто между 2075 и 2100 г., если мировое потребление газа продолжит расти с текущими темпами 2,8% в год.</p>		

Рис. 3.16. Новые месторождения для поддержания роста потребления. Если скорость роста потребления природного газа по-прежнему будет составлять 2,8% в год, то каждые 25 лет необходимо разведывать столько же газа, сколько уже было открыто к этому моменту за все предыдущее время.

Если мир быстро перейдет с нефти и угля на газ ради того, чтобы уменьшить изменение климата и избежать быстрого истощения нефти, то

ежегодное увеличение потребления газа будет даже больше 2,8%. Если темп роста составит 5%, то «260-летнего» запаса хватит всего на 45 лет.

На рис. ЗЛ6 показано, сколько новых месторождений нужно открыть, чтобы поддержать постоянный рост потребления природного газа, составляющий 2,8% в год. Математический расчет показывает, что для этого количество вновь открытых запасов газа и его добыча должны удваиваться каждые 25 лет.

Суть не только в том, что мир лишается природного газа. Остающиеся значительные запасы ресурсов в принципе достаточны для того, чтобы обеспечить человечество в период, пока оно будет переходить на более устойчивые источники энергии. Суть в том, что ископаемых видов топлива осталось совсем немного, особенно если расходовать их экспоненциально, и нельзя расходовать их понапрасну. В сравнении со всей продолжительностью человеческой истории эпоха ископаемых видов топлива — всего лишь маленький отрезок.

Поскольку для ископаемых видов топлива существуют возобновимые заменители, отсутствие энергии в мире проблемой никогда не будет. Существует две устойчивые возможности, они не наносят вреда окружающей среде, технически легко реализуемы и чрезвычайно выгодны экономически. Одну из них — большую эффективность — внедрить можно быстро. Другая — возобновимые источники на основе энергии солнца — потребует немного больше времени для внедрения. Кто-нибудь обязательно скажет, что в списке решений мировой энергетической проблемы есть еще один пункт, ядерная энергия, но мы так не думаем, поскольку проблему ядерных отходов решить не удастся, в то время как два первых варианта выглядят очень привлекательно. Их можно реализовать проще, быстрее и дешевле, и они гораздо доступнее для бедных стран мира.

Эффективность энергопотребления означает, что для представления тех же энергетических услуг конечным пользователям (свет, тепло, хладоустановки, транспортировка людей и грузов, перекачка воды, работа двигателей и т. п.) будет использовано меньше энергии. Это означает, что материальный уровень жизни будет такой же, как сейчас, или станет выше, но, как правило, по меньшей цене — не только в отношении прямой стоимости энергии, но и меньшего загрязнения, меньшей перегрузки собственных источников энергии, меньших проблем с капитальными сооружениями, а для многих стран это означает в конечном итоге и меньший внешний долг страны, и меньшие военные расходы для доступа или контролирования зарубежных ресурсов.

Эффективные технологии, от лучшей теплоизоляции до экономичных двигателей, развиваются так быстро, что оценки энергии, необходимой для выполнения какой-либо конкретной задачи, приходится пересматривать в сторону уменьшения каждый год. Компактные флуоресцентные лампочки дают то же количество света, что и лампы накаливания, но используют вчетверо меньше электроэнергии. Теплоизолирующие суперокна во всех зданиях США позволили бы сэкономить вдвое больше энергии, чем вся

страна получает от нефти с Аляски. Как минимум 10 автомобильных компаний построили прототипы машин, которые способны проехать на одном литре бензина от 30 до 60 км, а передовые технологии, которые сейчас интенсивно разрабатываются, обещают даже 70 км на один литр. Вопреки сложившемуся предубеждению, на самом деле энергоэффективные автомобили успешно проходят все тесты на безопасность, причем многие из них можно выпускать при затратах, не больших, чем на существующие модели⁶⁸.

Расчет возможной экономии энергии за счет эффективности зависят от технических и политических пристрастий тех, кто их проводит. С консервативной точки зрения экономика США может продолжать функционировать в том же объеме, что и сейчас, но с вдвое меньшими затратами энергии и при таких же денежных расходах, что и сейчас, или даже ниже — за счет современных технологий. Это позволило бы США приблизиться к современному уровню энергоэффективности, достигнутому в Западной Европе⁶⁹, и уменьшить мировое потребление нефти на 14%, угля на 14% и газа на 15%. Такие же или даже большие улучшения в области эффективности вполне достижимы и в Восточной Европе, и в менее развитых в промышленном отношении странах мира.

Оптимисты говорят, что это только начало. Они уверены, что Западная Европа и Япония сегодня самые энергоэффективные страны мира, могут увеличить эффективность еще в два или даже четыре раза, используя уже существующие технологии или разработки, которые появятся в течение ближайших 20 лет. Такая высокая эффективность позволила бы удовлетворять все или большинство мировых потребностей в энергии за счет возобновимых гелиоисточников — это солнечный свет, ветер, гидроэнергия и энергия биомассы. Каждый день Солнце изливает на Землю энергии в 10 тысяч раз больше, чем потребляет все человечество⁷⁰.

Технический прогресс в использовании солнечной энергии уступает в скорости развития технологиям энергосбережения, но, несмотря на это, он продвигается уверенными шагами. Стоимость электроэнергии, получаемой с помощью солнечных фотоэлементов или ветрогенераторов, за последние 20 лет значительно уменьшилась (рис. 3.17). В 1970 г. электроэнергия от фотоэлементов обходилась примерно в 120 долл. за 1 ватт. К 2000 г. она упала до 3,5 дол. за 1 ватт⁷¹. В странах с малоразвитой промышленностью эта техника стала экономически эффективным вариантом энергообеспечения деревень и систем орошения, где слишком высоки затраты на строительство линий электропередач от удаленных магистральных энергосетей.

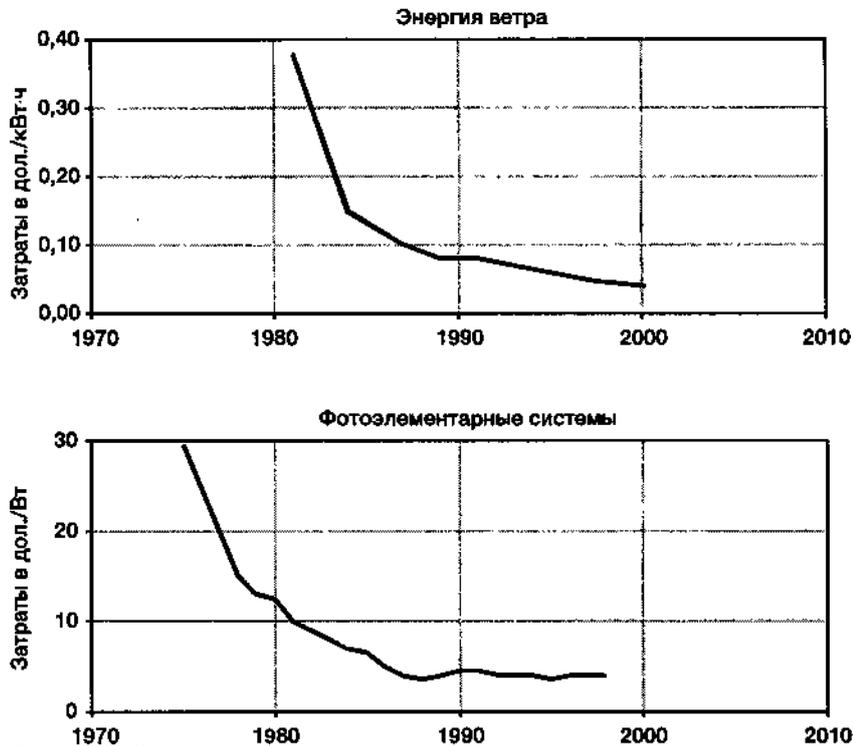


Рис. 3.17. Стоимость энергии ветра и энергии фотоэлементных сетей Между 1980 и 2000 гг. стоимость электроэнергии, производимой с помощью ветрогенераторов и солнечных элементов, существенно снизилась. Стоимость энергии ветра сейчас сопоставима с показателями для новых электростанций, сжигающих ископаемые виды топлива.

При современных ценах ветроэнергетика имеет возможности для резкого роста. В конце 2002 г. установленная мощность ветроэнергетики во всем мире превышала 1000 МВт, что эквивалентно более чем 30 ядерным реакторам. С конца 2001 г. рост составил 28%, а за пять лет с 1997 г. количество получаемой энергии выросло в четыре раза⁷². Такие изменения должны существенно повлиять на все измышления на тему будущей энергетики.

«Я уверен, что привычные нефтяные компании доживают последние годы... Мировая экономика изменяется, и в будущем вы будете парковать автомобиль около дома, а затем использовать его же топливный элемент для обеспечения электричеством всех домашних нужд. Электрические сети всей страны будут больше похожи на Интернет, чем на энергетическую сеть. На самом деле, если бы все машины на дорогах США были оснащены топливными элементами, у нас было бы в пять раз больше электроэнергии, чем установленная мощность всех источников энергии в стране»⁷³.

Возобновимые источники энергии, конечно, не полностью экологически безвредны, и их возможности тоже не безграничны. Для ветряных генераторов нужны площади и подъездные дороги. В некоторых типах

солнечных элементов используются токсичные соединения. Дамбы для электростанций вызывают затопление прилегающих земель и нарушают свободное течение рек. Биомасса как источник энергии устойчива постольку, поскольку сельское или лесное хозяйство устойчивы и регулярно производят эту биомассу. Некоторые источники гелиоэнергетики маломощны и работают нерегулярно, для их использования нужны большие площади и сложные устройства для накопления энергии⁷⁴. И все они требуют привлечения физического капитала и грамотного управления. Возобновимые источники энергии имеют пределы использования; работать они могут вечно, но производить при этом только определенное количество энергии. Они не могут обеспечивать бесконечный рост населения и высокий темп роста промышленности. Тем не менее в будущем они вполне способны служить основой устойчивого общества. Их много, они широко распространены и разнообразны. Потоки загрязнений, связанные с их использованием, меньше и, как правило, менее вредны, чем потоки от использования ядерной энергии или энергии ископаемого топлива.

Если бы для обеспечения потребностей человека были разработаны и использовались самые устойчивые, минимально загрязняющие окружающую среду, высокоэффективные источники, то система вообще не вышла бы за пределы. Для этого нужны просто политическая воля, технологические разработки и определенные социальные изменения.

Поскольку (неразведанные) запасы газа, по-видимому, являются достаточно большими, представляется (на пороге тысячелетий), что наибольшие ограничения энергетики будут связаны с проблемой стоков. Проблемы изменения климата, вызываемого выбросами диоксида углерода, обсуждаются далее в этой главе.

Материалы

Извлечение или разработка первичных природных ресурсов часто требует перемещения или переработки больших количеств субстанций, которые могут привести к изменению или деградации окружающей среды, несмотря на то, что эти субстанции и не имеют экономической ценности. Например, чтобы добраться до месторождения металлов, минеральных руд или пластов каменного угля... приходится перемещать огромные количества пустой породы и вскрышных пород. Часто исходную руду приходится обрабатывать и обогащать, прежде чем она станет коммерчески пригодной, но при этом остаются огромные количества отходов... Все такие потоки — часть экономической деятельности страны, но они практически никогда не учитываются монетарной экономикой... В экономические расчеты они вообще никак не включаются. В итоговых статистических данных недооценивается зависимость промышленности от природных ресурсов.

Институт мировых ресурсов, 1997

Лишь 8% людей на планете имеют автомобили. Сотни миллионов проживают в трущобах или вообще не имеют крыши над головой, не говоря уж о холодильниках или телевизорах. Если в мире будет еще больше людей, и если всех их надо обеспечить жильем, либо улучшить его, медицинским обслуживанием, образованием, автомобилями, холодильниками, телевизорами, то для этого понадобится огромное количество стали, бетона,

меди, алюминия, пластмасс и многих других видов материалов.

Потоки материалов, получаемых из земных недр и поступающих в экономику и возвращаемых в недра, можно изобразить схематически (рис. 3.18), подобно тому, как мы изображали потоки ископаемых видов топлива, но за одним исключением. В отличие от ископаемого топлива, такие материалы как металлы и стекло, не превращаются после использования в углекислый газ и воду. Либо они складываются где-то в виде твердых отходов, либо их собирают и используют повторно, либо измельчают, дробят, растворяют, испаряют или другим способом рассеивают в воздухе, в воде или в недрах.

На рис. 3.19 показана статистика мирового потребления основных пяти металлов в период с 1900 по 2000 гг. Данные свидетельствуют о том, что с 1950 по 2000 гг. потребление выросло более чем в 4 раза.

Существует предел количества меди, никеля, олова и других сопутствующих металлов, которые даже богатый человек в состоянии использовать за год. Этот предел высок, но, по крайней мере в Северной Америке, он очень показателен. Для большинства металлов среднее потребление на душу населения в промышленных странах в 8—10 раз выше, чем в странах, где промышленность развита слабо. Если 9 млрд чел. будут потреблять сырье теми же темпами, что и среднестатистический американец в конце XX в., то производство стали в мире придется увеличить в 5 раз, меди — в 8 раз, а алюминия — в 9 раз.

Большинство людей интуитивно понимают, что такие потоки материалов обеспечить невозможно, да в них и нет нужды. Невозможно это потому, что существуют пределы планетарных источников и стоков. По всем этапам пути от источников до стоков — во время обработки, изготовления, эксплуатации и использования материалов - возникают и поступают в окружающую среду загрязнители. Они не нужны, поскольку затраты сырья (продовольствия, воды, древесины, энергоносителей и

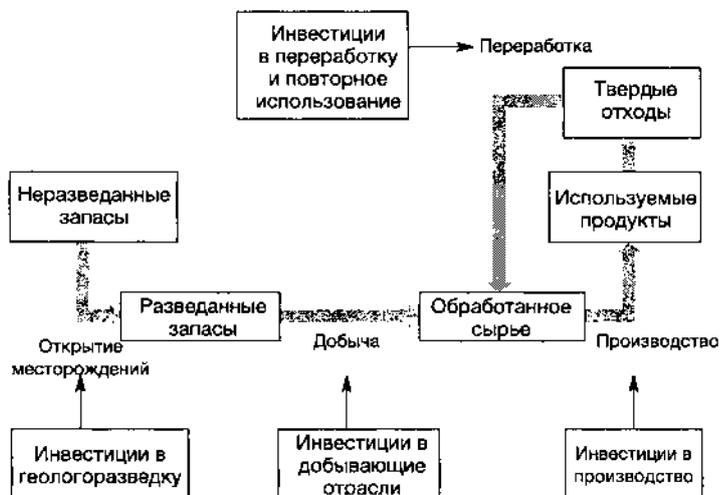


Рис. 3.18. От неразведанных запасов к переработке и повторному использованию

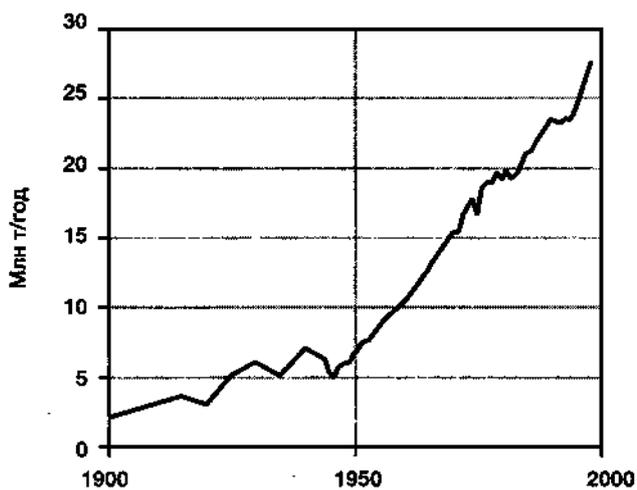


Рис. 3.19. Мировое потребление пяти основных металлов
 Потребление меди, свинца, цинка, олова и никеля на протяжении XX в. значительно выросло. (Источники: Klein Goldewijk and Battjes; U.S. Bureau of Mines; USGS; U.S. CRB.)

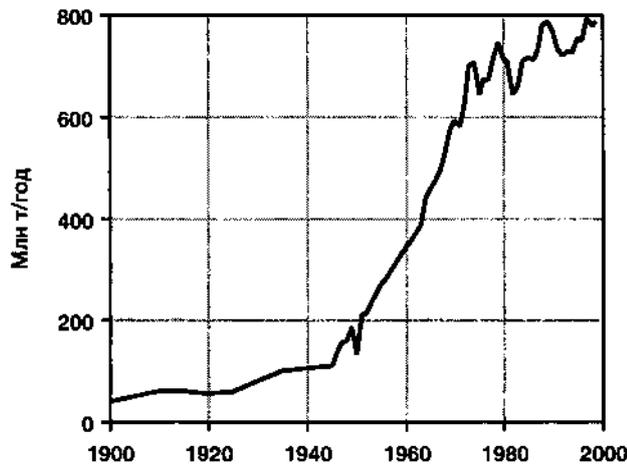


Рис. 3.20. Мировое потребление стали

Потребление стали описывается S-образной кривой. (Источники: Klein Goldewijk and Battjes; U.S. Bureau of Mines; USGS; U.S. CRB.)

т. п.) на душу населения в богатых странах в конце XX в. расточительны. Хороший уровень жизни можно поддерживать, нанося природе гораздо меньше вреда.

Уже видны признаки того, что мир понемногу усваивает этот урок. На рис. 3.20 показан график производства стали. В середине 70-х гг. произошло нечто, прервавшее плавный экспоненциальный рост. Замедление роста объясняется несколькими теориями, и похоже, что в каждой из них есть разумное зерно.

- За последнее время стало четко проявляться стремление использовать меньше материалов для производства большего количества конечной продукции и услуг. Это обусловлено экономическими стимулами и развитием технологий.
- Скачок цен на нефть в 1973 г. и повторный скачок в 1979 г. привели к резкому росту цен на металлы, ведь при их производстве расходуется много энергии. Это дополнительно стимулировало экономию энергии и сырья во всех областях деятельности.
- Те же высокие цены стимулировали еще и расширение переработки и повторного использования сырья. Этому способствовало также ужесточение законов в защиту окружающей среды и проблемы с территориями для хранения твердых отходов.
- Проблемы вызвали ускорение развития технологий. Пластмассы, керамика и другие материалы в некоторых областях вытесняли металл. А изделия, которые по-прежнему изготавливались из металла - автомобили, банки для напитков и многое другое — становились легче.
- Поскольку экономика в 80-е гг. переживала период застоя, отрасли тяжелой промышленности оказались в тяжелом положении, и потребности в основных металлах резко уменьшились⁷⁵.

Хотя экономические причины, по которым рост потребления сырья замедлился, могут быть временными, тем не менее, технические изменения практически всегда становятся постоянными. И ограничение материальных

потоков ради сохранения окружающей среды тоже становится постоянным. Самое интересное: на протяжении последних нескольких десятилетий цены на сырье уменьшаются, показывая, что предложение превышает спрос на него⁷⁶.

В бедных странах всегда собирали и использовали вторичное сырье, поскольку там источников первичного сырья всегда было мало. Богатые страны сейчас заново учатся переработке и использованию вторсырья из-за истощения первичных источников. Сбор и переработка вторсырья постепенно превращается из отрасли, зависевшей в основном от рабочей силы, в капиталоемкую и энергоемкую сферу деятельности. В ней используются механические ворошители компоста, измельчители, сетчатые фильтры, котлы-утилизаторы, смесители шлама, автоматы для приема пустой посуды, возвращающие потребителям залоговую стоимость за бутылки, банки и многое другое. Управляют отраслью компании, участвующие в программе переработки мусора для промышленных предприятий и муниципалитетов.

Самые предусмотрительные производители выпускают продукцию такой, чтобы после использования ее можно было разобрать и утилизировать, и касается это самых разных товаров, от чайников до автомобилей. Новые модели BMW, например, оснащены пластиковым внутренним корпусом, который полностью поддается переработке — он специально так изготовлен. На пластики все чаще наносится специальная маркировка, в которой указывается тип полимера. Разные типы пластмасс нельзя смешивать между собой, а маркированную продукцию легко рассортировать и утилизировать отдельно.

Мелкие усовершенствования, если их много, вместе могут привести к большим изменениям. В 1976 г. была изобретена новая конструкция ключа для алюминиевых банок с прохладительными напитками. После того как банки открыли, ключ больше не отделялся от нее и в итоге поступал на утилизацию вместе с пустой банкой. К концу тысячелетия североамериканцы ежегодно использовали более 105 млрд алюминиевых банок, из них на переработку поступало примерно 55%. Это значит, что каждый год переработка только ключей для банок сэкономила 16 тыс. т алюминия и примерно 200 млн кВт ч электроэнергии⁷⁷.

Разделение и переработка материалов после использования — это шаг навстречу устойчивому развитию. Материалы начинают перемещаться в экономической системе по замкнутым циклам — подобно тому, как это происходит в природе. В экосистемах отходы, производимые одним процессом, становятся сырьем для других процессов. Огромное количество экосистем, особенно почвенных, заняты переработкой «отходов природы»: вещества разлагаются на составляющие, которые природа использует снова и снова. Современная мировая экономика, как и природа, теперь развивает отрасли переработки⁷⁸.

Однако переработка твердых отходов связана лишь с конечной и наименее сложной частью материальных потоков. Эмпирическое правило

гласит: на каждую тонну мусора, образуемого у конечного потребителя, приходится примерно 5 т отходов на стадии производства и еще 20 т — в месте добычи ресурса (на шахтах, нефтяных скважинах, участках вырубki леса, на сельскохозяйственных полях и т. п.)⁷⁹. Лучший способ уменьшить эти потоки отходов - увеличить срок службы конечной продукции и снизить потребность в первичном сырье.

Увеличить срок службы можно за счет улучшения конструкций, повышения ремонтпригодности, а также за счет повторного использования (например, лучше использовать моющиеся стаканы, чем одноразовые). Это эффективнее, чем переработка, поскольку в этом случае не требуется дробление, измельчение, переплавка, очистка и повторное изготовление продукции. Удвоив средний срок службы товаров, можно вдвое уменьшить потребление энергии, потоки отходов и загрязнений и расход первичного сырья для изготовления целевой продукции. Но выработка окончательных выводов в отношении минимизации воздействия на окружающую среду требует тщательного анализа всего цикла производства и потребления, что дает просто поразительные результаты.

Снижение использования первичного сырья означает, что необходимо найти способ выполнить ту же задачу, что и раньше, но с использованием меньшего количества материалов. По сути, это аналог энергетической эффективности, и возможности в этой области неограниченны. В 1970 г. среднестатистический американский автомобиль весил больше 3 т, причем почти вся масса приходилась на металл. Сегодня автомобили весят гораздо меньше, и большая доля веса приходится на полимерные материалы. Компьютерные микросхемы сейчас размещаются на крохотных кремниевых чипах, а ведь раньше для этого использовались тяжелые ферромагнитные сердечники. Маленькая флэш-карта, вставляемая в карманный компьютер, может содержать столько же информации, что и 200 тысяч бумажных страниц. Сверхчистое оптическое волокно толщиной меньше волоса позволяет обеспечить столько же телефонных соединений, что и сотни медных проводов, а качество связи при этом только улучшается.

В начале промышленной революции в производственных процессах использовались высокие температуры, большие давления, едкие химикаты и значительные механические усилия, а теперь ученые все больше используют тонкое молекулярное конструирование и программирование на геномном уровне. Прорыв в нанотехнологиях и в биотехнологии позволяет промышленности буквально подбирать молекулу к молекуле, организуя процессы все ближе к тому, как они происходят в живой природе.

Вторичная переработка, увеличение эффективности, продление срока службы продукции и уменьшение использования первичного сырья в современном мире достигли впечатляющих результатов. Но в глобальном масштабе огромные материальные потоки, питающие экономику, пока не уменьшились. В лучшем случае снизилась скорость их роста. А миллиарды людей на планете по-прежнему нуждаются в автомобилях и в

холодильниках. Люди сейчас лучше осведомлены о пределах стоков, чем о пределах источников материальных потоков, но ведь рост потребления сырья продолжается. Он неизбежно приведет и к пределам источников. Многие вещества, столь полезные человеческому обществу, встречаются в земной коре в концентрированном виде очень редко. Добыча таких веществ обходится очень дорого, эти затраты выражаются в расходе энергии, капитала, в виде нагрузки на окружающую среду и в виде социальной напряженности.

Геолог Эрл Кук (Earl Cook) показал, как редко встречаются на самом деле богатые минеральные руды⁸⁰. С того момента, как исследование Кука было завершено, прошло почти 30 лет и технологии за это время достигли большого прогресса, но общие выводы исследования по-прежнему верны. Некоторые элементы, например, железо и алюминий, в природе встречаются в изобилии. Они не будут лимитированы со стороны источников, добывать их можно в самых разных частях света. Другие же (например, свинец, олово, серебро, цинк) встречаются гораздо реже. Для них истощение источников — самая непосредственная угроза.

Некоторое представление об относительной скудости ресурсов можно сформулировать на основе статистических данных, полученных в недавнем исследовании мировой добывающей промышленности. Работы проводил Международный институт окружающей среды и развития (International Institute for Environment and Development, IIED). В табл. 3.2 приведены сводные данные по восьми важным металлам. С учетом того, что ежегодные темпы роста составляют примерно 2% (для одних металлов меньше, для других больше, но в целом 2% — довольно точное приближение), имеющиеся запасы способны обеспечить добычу на период от 15 до 80 лет. Разумеется, технологии будут улучшаться и дальше, цены станут выше, производители освоят новые области добычи и разведают новые месторождения. Скорее всего, приведенные временные оценки занижены. Вопрос в том, насколько. Оптимистичные оценки предполагают, что запасов хватит на 500, а то и на 1000 лет. Реальные цифры — где-то посередине. Количество ресурсов, которые можно расценивать как

Таблица 3.2. Ожидаемые разведанные запасы по 8 металлам

	Среднее годовое производство в 1997—99 гг.	Средние темпы роста производства 1975-99 гг.	Разведанные запасы в 1999 г.	Срок, на который хватит разведанных запасов, при ежегодном росте добычи на 2%	Объемы ресурса	Срок, на который хватит объемов ресурса, при ежегодном росте добычи на 2%
Металл	Млнт в год	Проценты в год	Млрд т	Годы	Ц>лнт (10 ^н)	Годы
Алюминий	124	2,9	25	81	2,000,000	1.070

Медь	12	3,4	0,34	22	1,500	740
Железо	560	0,5	74,000	65	1,400,000	890
Свинец	3,1	-0,5	0,064	17	290	610
Никель	1,1	1,5	0,046	17	290	610
Серебро	0,016	3,0	0,00028	15	1,8	730
Олово	0,21	-0,5	0,008	28	40,8	760
Цинк	0,8	1,9	0,19	20	2,200	780

Таблица иллюстрирует огромную разницу между разведанными запасами и объемами ресурса. Разведанные запасы к настоящему времени уже точно определены, их можно добыть с помощью существующих технологий и по существующим ценам. Объемы ресурса — это суммарное количество вещества, которое, предположительно, есть во всей земной коре. Человечеству никогда не удастся исчерпать ресурс полностью, однако изменения в ценах, технологиях, а также открытие новых месторождений позволяет несколько повысить объемы разведанных запасов. (Источник: MMSD.)

доступные запасы, зависит от затрат энергии и капитала, ведь любой производитель вынужден учитывать социальные и экологические последствия своей деятельности.

Исследование института ПЕД сосредоточилось на потенциальной роли стоков в качестве лимитирующих факторов в использовании минерального сырья.

Тенденции добычи и использования минералов, а также оценка объемов ресурсов в мире уменьшили опасения в отношении того, что мир останется без минерального сырья, но все больший вес приобретают потенциальные пределы возможностей окружающей среды и социальные факторы, влияющие на доступность сырья. Доступность минерального сырья могут ограничить следующие факторы:

- наличие энергии или воздействие на окружающую среду по мере роста затрат энергии на единицу продукции при обогащении бедных руд;
- наличие воды для добычи минерального сырья или воздействие на окружающую среду по мере роста затрат большого количества воды при обогащении бедных руд;
- социальные предпочтения по использованию земель на цели, отличные от добычи руд (ведение сельского хозяйства, производство продовольствия,

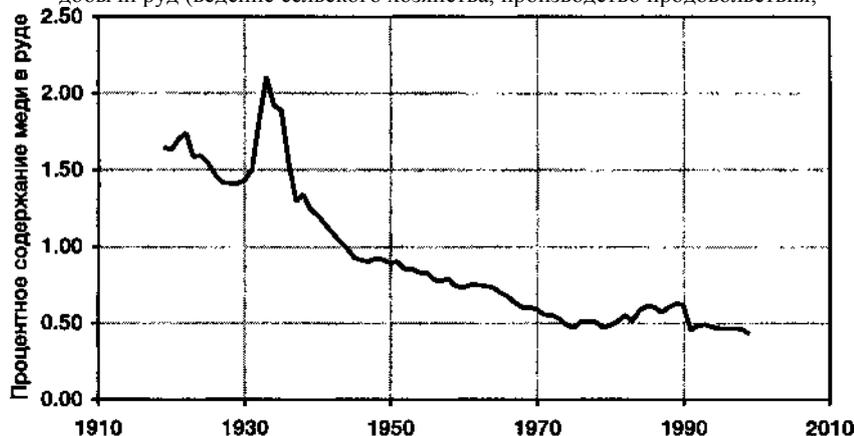


Рис. 3.21. Обеднение медной руды, добываемой в США

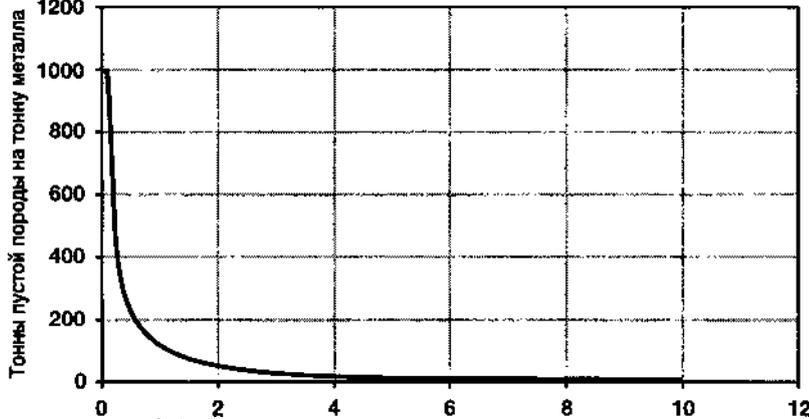


Рис. 3.22. Обеднение медной руды приводит к существенному росту количества отходов производства

При уменьшении среднего содержания металла в руде с 8 до 3% происходит резкое увеличение количества пустой породы в расчете на тонну конечной продукции. Если содержание упадет ниже 3%, то объемы пустой породы возрастут многократно. Рано или поздно стоимость добычи и переработки отходов превысит выгоду от добычи металла.

До 1910 г. в США добывались руды со средним содержанием конечного компонента от 2 до 2,5%. С тех пор среднее содержание металла в руде постоянно снижается. Скачок в 30-х гг. и незначительное повышение в 80-е гг. объясняются экономическими потрясениями и закрытием тех шахт, которые становились нерентабельными, — работу продолжали только шахты, которые добывали более богатую руду.

сохранение биоразнообразия, нетронутых уголков дикой природы, территорий, имеющих культурное значение);

- нежелание местного населения мириться с воздействиями вследствие работы предприятий добывающей промышленности;
 - изменение направлений использования;
- ограничения экосистемы по усвоению присутствующих в воде, воздухе, почвах и растительности различных компонентов минерального сырья (особенно металлов) и сопутствующих соединений⁸¹.

На рис. 3.21 показано, как происходит истощение минеральных ресурсов на примере постепенного обеднения добываемых медных руд, на рис. 3.22 проиллюстрированы последствия такой добычи. Чем меньше металла содержится в руде, тем больше первичного сырья (в расчете на тонну целевых компонентов) приходится извлекать из недр и перерабатывать для отделения пустой породы. Среднее содержание меди в рудах месторождения Батт в Монтане уменьшилось с 30% до 0,5%, поэтому теперь вместо 3 т пустой породы на тонну меди производится уже 200 т отходов. Рост количества отходов практически совпадает с увеличением количества энергии, необходимой для производства каждой тонны конечной продукции. Истощение металлических руд приводит к ускорению истощения ископаемых видов топлива и к увеличению нагрузки на окружающую среду.

Стоки для загрязнений и отходов

За последние несколько десятилетий человек стал новой силой природы. Мы изменяем физические, химические и биологические системы ранее неизвестными способами, с более высокими скоростями и на больших территориях, чем это когда-либо раньше видела Земля. Вольно или невольно человек проводит на планете грандиозных эксперимент. Результаты его неизвестны, но уже сейчас заметно его глубокое влияние на все виды жизни на Земле.

Джейн Любченко (Jane Lubchenco), 1998

Во время проведения Стокгольмской конференции по проблемам окружающей среды в 1972 г. в мире насчитывался всего десяток стран с министерствами или агентствами по охране окружающей среды. Сейчас трудно найти страну, в которой не было бы природоохранной бюрократии. Разработаны самые разные программы экологического образования, появилось множество специализированных групп, привлекающих внимание к конкретным экологическим проблемам. Роль этих относительно новых организаций по защите окружающей среды носит смешанный характер. Но при этом сказать, что мир полностью решил проблемы с загрязнением среды, нельзя. Впрочем, как и заявить, что в этой области нет никакого прогресса.

Самого большого успеха удалось добиться в борьбе со специфическими загрязнителями, которые однозначно вредны для здоровья человека и которые можно выделить и просто запретить использовать. На рис. 3.23 показано, как, например, в США запрет на использование свинца в топливе привел к снижению его концентрации в крови людей. За последние несколько десятилетий в определенных местах уменьшилась концентрация и других видов загрязнений, например, цезия-137 в Финляндии и ДЦТ в Прибалтике.

В промышленно развитых странах после определенных усилий и затрат значительных средств удалось добиться некоторого успеха в уменьшении выбросов части (не всех) самых типичных загрязнителей воздуха и воды. Рисунок 3.24 показывает, как страны Большой семерки⁸² снизили выбросы диоксида серы почти на 40% в результате установки на дымовые трубы газоочистителей, а также перехода на топливо с низким содержанием серы. Химически уловить другие загрязнители, например, диоксид углерода или оксиды азота, довольно сложно; такие выбросы держались примерно на одном и том же уровне на протяжении 20 лет, несмотря на экономический рост — в основном это происходит вследствие того, что выросла энергоэффективность.

В истории с загрязнением реки Рейн можно увидеть и успехи, и неудачи в защите водной среды от отходов.

После Второй мировой войны растущие уровни загрязнения постепенно привели к уменьшению концентрации растворенного кислорода в водах Рейна, а ведь от кислорода зависят практически все речные формы жизни. Уровень кислорода достиг минимума примерно в 1970 г., и река стала почти безжизненной, но к 1980 г. положение улучшилось, в основном в результате больших финансовых вложений в очистку сточных вод. Однако

с токсичными тяжелыми металлами (ртутью и кадмием) очистным сооружениям справиться не удавалось, и их концентрация в водах Рейна уменьшилась только потому, что страны, через территорию которых протекает река, приняли очень жесткие законы против загрязнения окружающей среды. В результате к 2000 г. тяжелых металлов в воде оставалось уже очень мало. Но вот в иле и донных отложениях они по-прежнему есть, а поскольку тяжелые металлы химически не разрушаются, их концентрация по-прежнему велика, особенно в дельте Рейна. Концентрация хлора тоже продолжает оставаться высокой. Страны, находящиеся ниже по течению, до сих пор не придумали способ борьбы с главным источником хлора—соляными копами в Эльзасе—хотя и предполагается, что их, наконец, закроют. Загрязнение нитратами из-за стоков с сельскохозяйственных полей, где используются химические удобрения, тоже остается высоким. Поскольку источники таких загрязнений не точечные, а распределенные, очистные сооружения в этом случае бесполезны. Единственный способ борьбы — изменить принятые методы ведения сельского хозяйства по всему бассейну Рейна. И несмотря на остающиеся проблемы, стоило отпраздновать появ-





Рис. 3.23. Уменьшение содержания загрязнителей в окружающей среде и в организме человека

Концентрации определенных загрязнителей в некоторых регионах за последние десятилетия уменьшились. Самый большой прогресс — следствие прямого запрета на использование токсичных веществ, например, свинца в топливе или пестицида ДДТ в сельском хозяйстве, а также результат прекращения наземного испытания ядерного оружия (атмосферных ядерных взрывов). (Источники: Swedish Environmental Research Institute; AMAP; EPA).

ление первого лосося в водах реки в 1996 г., ведь в долине верхнего Рейна, около Баден-Бадена, лосось исчез больше 60 лет назад⁸³.

Другие промышленно развитые страны действовали схожим образом, направляя крупные инвестиции в улучшение качества воды основных

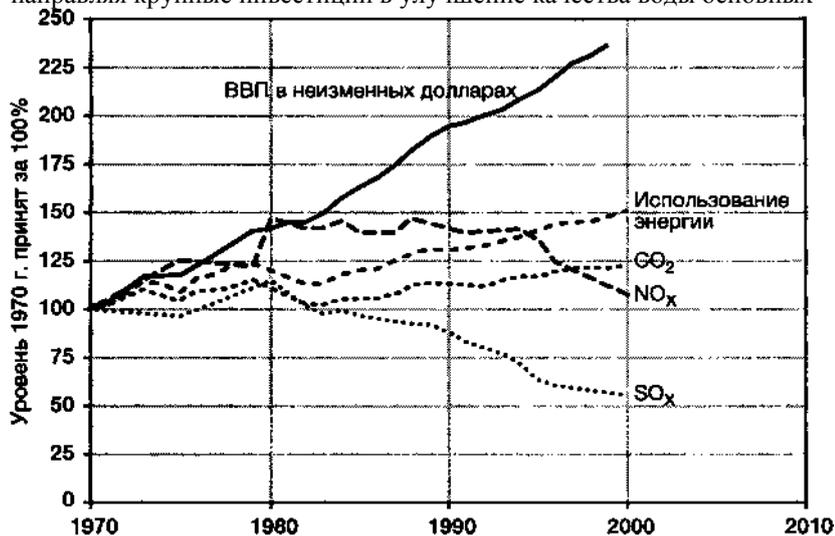


Рис. 3.24. Объемы выбросов некоторых загрязнителей воздуха

Промышленно развитые страны прилагают серьезные усилия для повышения энерго-эффективности и ограничения выбросов некоторых загрязнителей в окружающую среду. Хотя экономика с 1970 г. удвоилась (измерено по валовому внутреннему продукту, ВВП), тем не менее, выбросы диоксида углерода CO₂ и оксидов азота NO_x остались практически на прежнем уровне (в основном за счет большей энергоэффективности), а выбросы оксидов серы (SO_x) даже уменьшились на 40% (как за счет повышения энергоэффективности, так и вследствие применения новых технологий очистки). (Источники: World Bank; OECD; WRL)

реки водоемов. Вложением нескольких десятков миллиардов долларов в очистные сооружения бывшие сточные ямы удалось превратить в водоемы

с качеством воды, пригодным для разведения лосося. Самый известный пример, наверное, Темза. Даже вода Нью-Йоркского залива с 1970 г. стала чище (рис. 3.25)⁸⁴. Более чистая вода означает, что выбросы в расчете на единицу человеческой деятельности уменьшились сильнее, чем за это же время выросли объемы самой деятельности. Экологическая нагрузка на водотоки уменьшилась. То же самое происходит во многих промышленно развитых странах и с качеством воздуха. За счет сочетания строгого законодательства, финансовых вложений в технологии очистки, а также перехода на новые, более чистые технологии производства, уровень загрязнения воздуха пылевыми частицами, диоксидом серы, монооксидом углерода и свинцом в США и в Великобритании за последние несколько десятилетий был уменьшен очень резко. И даже концентрация тех загрязнителей, которые сложно уловить (например, оксиды азо-

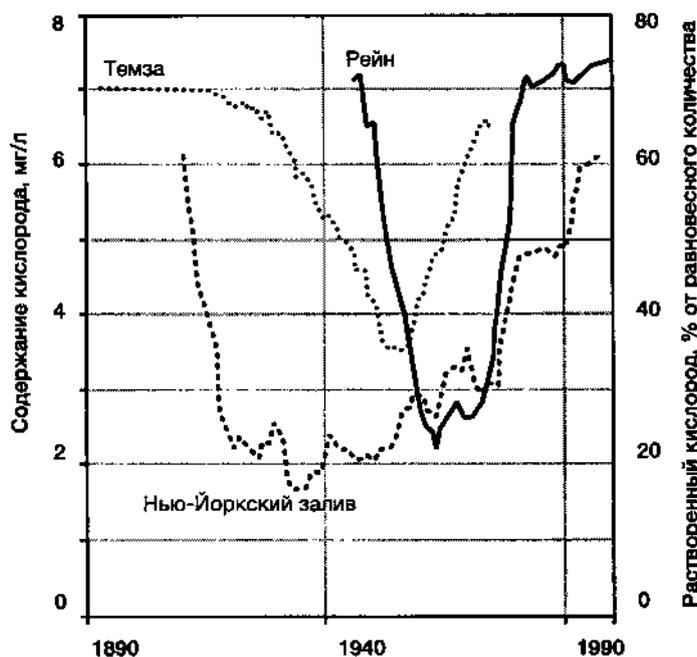


Рис- 3.25. Концентрация кислорода в загрязненных водах
 Органическое загрязнение может привести к уменьшению концентрации кислорода, поддерживающего водные формы жизни в реках. С 60—70-х гг. XX в. в очистные сооружения были вложены очень большие средства, что позволило увеличить концентрацию кислорода в Рейне, Темзе и водах Нью-йоркского залива. (Источники: A. Goudie; P. Kristensen and H. Ole Hansen; OCED; DEP.)
 та NO_x и озон в нижних слоях атмосферы), тоже уменьшилась⁸⁵. Это произошло несмотря на то, что за прошедшее время производство энергии и тепла только возросло, да и транспортная отрасль набрала еще большие обороты в перевозке людей и грузов. Удалось добиться определенных успехов в избавлении от более современных токсичных веществ, таких как полихлорированные бифенилы (ПХБ), ДЦТ, другие пестициды⁸⁶. И все же

такой успех в основном носит локальный характер, в то время как общая картина не так однозначна: многие загрязнители по-прежнему присутствуют в среде, переносятся по всему земному шару вместе с потоками, которые их содержат, накапливаются в жировых тканях различных животных...

В богатых странах на борьбу с загрязнениями тратится очень много денег. Самые большие проблемы с состоянием воды и воздуха сейчас наблюдаются в странах Восточной Европы и развивающихся странах, где потратить миллиард долларов на борьбу с загрязнением окружающей среды никому и в голову не придет, потому что это невозможно. Данная проблема привлекла всеобщее внимание в 2001 г., после того как в Юго-Восточной Азии мгла от выбросов на несколько недель закрыла небо.

Лучшие результаты достигнуты в борьбе с теми загрязнителями, воздействие которых человек ощущает на себе непосредственно, и тогда проблема привлекает к себе политическое внимание. Видимые невооруженным глазом загрязнители воды и воздуха удается успешно отслеживать, с ними удается успешно бороться, прежде всего за счет увеличения экологической эффективности в ведущих мировых производственных корпорациях. Такие усилия должны быть постоянными, чтобы продолжающееся расширение человеческой деятельности можно было компенсировать соответствующими мерами.

Труднее всего управлять такими загрязнителями как ядерные отходы, ядовитые вещества и вещества, угрожающие мировым биогеохимическим циклам (например, парниковые газы). Их сложно химически связать или разложить, физиологически сложно обнаружить их присутствие (органы чувств не помогут), а их ограничение очень сложно контролировать экономически и политически.

Ни одной стране не удалось решить проблему ядерных отходов. В природе такие отходы опасны для любых форм жизни как вследствие прямой токсичности, так и из-за способности вызывать мутации. Если ядерные материалы попадут не в те руки, их можно использовать как угрозу, терроризируя весь мир. В природе нет процессов, которые могут обезвредить такие отходы и сделать их безопасными. Распадаются они строго по своему внутреннему расписанию, оцениваемому периодом полураспада, который может составлять десятки, сотни, тысячи лет. Они - побочные продукты в производстве ядерной энергии, их накапливают, располагают под землей или в бассейнах с водой в защитной оболочке ядерных реакторов, в надежде, что кто-нибудь когда-нибудь придумает хорошее место для их размещения. В результате идея крупномасштабного использования ядерной энергии вызывает широко распространенное скептическое отношение.

Еще один важный класс проблемных отходов — синтезированные человеком химические соединения. Раньше они никогда на планете не существовали, поэтому ни один организм в природе не приспособлен для их разложения или превращения в безопасные соединения. Сейчас постоянно

коммерчески используется более 65 тысяч промышленных химических соединений. Токсикологические данные получены только для малой части. На рынок ежедневно выбрасывают новые соединения, при этом многие из них тщательно не проверялись на токсичность⁸⁷. В мире ежедневно создаются многие тысячи тонн вреднейших веществ, большая часть из них — в промышленно развитых странах. Постепенно общество начинает осознавать эту проблему; во многих странах уже предпринимают усилия для восстановления почв и грунтовых вод, отравленных за десятилетия безответственного хранения химических отходов.

Наконец, существуют соединения, которые загрязняют Землю в целом. Такие глобальные загрязнители влияют на всех, независимо от того, кто их создает. Уже стал классическим пример с хлорфторуглеродами (ХФУ), которые разрушают стратосферный озоновый слой. Озоновая история завораживает, ведь это был самый первый явный случай выхода за глобальные пределы. Нам эта история кажется настолько показательной и настолько вселяющей надежду, что мы полностью расскажем ее в гл. 5.

Большинство ученых, а сейчас еще и многие экономисты, полагают, что следующим глобальным пределом, с которым мы столкнемся, будет парниковый эффект и проблема изменения климата.

Климатическая система Земли изменилась как в глобальном, так и в региональном масштабе, причем некоторые из этих изменений можно наверняка приписать человеческой деятельности.

- С 1860 г. среднегодовая температура Земли увеличилась на $0,6 \pm 0,2$ °C, а два последних десятилетия были самыми жаркими за прошедшее столетие.
- Повышение приземной температуры в северном полушарии в XX в. больше, чем в любом из столетий за прошедшие 1000 лет.
- Распределение осадков изменилось, причем количество атмосферных осадков в некоторых регионах резко возросло;
- С 1900 г. уровень моря поднялся на 10—20 см; большинство ледников и глетчеров, расположенных вне полярных зон, тают и сокращаются; площадь и толщина льда в Арктике летом существенно уменьшается.
- Человеческая активность приводит к увеличению концентрации парниковых газов в атмосфере, что приводит к ее нагреву, в то время как в некоторых регионах сульфатные аэрозоли вызывают охлаждение атмосферы.
- Большую долю вклада в потепление за последние 50 лет можно приписать человеческой деятельности⁸⁸.

Десятилетиями ученые измеряли накопление диоксида углерода в атмосфере, происходящее из-за сжигания ископаемого топлива. Мы опубликовали сводные данные по концентрации CO₂ еще в первой нашей книге⁸⁹. Уже более ста лет известно, что углекислый газ задерживает тепловое (ИК) излучение и вызывает увеличение температуры Земли, подобно тому, как парники пропускают солнечную энергию внутрь, но не позволяют теплу выйти наружу. А в последние 30 лет стало еще более понятно, что в результате человеческой деятельности в окружающую среду поступают и другие парниковые газы — метан, оксиды азота и те самые хлорфторуглероды, которые ответственны за разрушение озонового

слоя (рис. 3.26). И их количество экспоненциально растет.

Глобальное изменение климата быстро обнаружить невозможно, поскольку погода естественно меняется день ото дня и год от года. Климат — это долгосрочная усредненная погода, поэтому его изменение можно оценить только за очень продолжительный период. Тем не менее глобальное потепление уже десять лет назад стало очевидным, и с тех пор это явление только усиливается, причем с тревожной скоростью. Уже стало привычным читать в газетах, что очередной прошедший год снова стал самым жарким за все время наблюдений — и это неудивительно, учитывая скорость, с которой растет средняя глобальная температура, как показано на рис. 3.27.

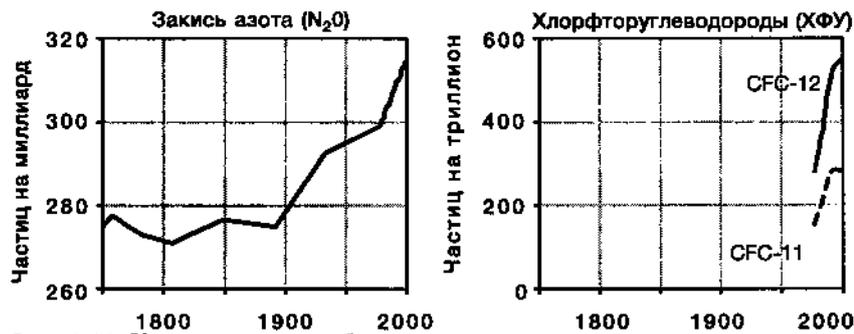
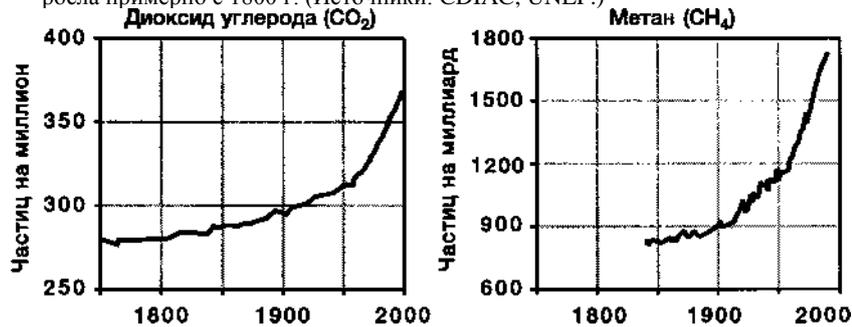


Рис. 3.26. Концентрации глобальных парниковых газов

Диоксид углерода, метан, закись азота и хлорфторуглероды уменьшают рассеивание тепла от Земли в космическое пространство, и в результате температура на Земле увеличивается. Концентрация этих газов в атмосфере — за исключением ХФУ, которые были впервые синтезированы в середине 80-х гг. XX в — росла примерно с 1800 г. (Источники: CDIAC; UNEP.)



Со спутников видно, что в северном полушарии уменьшаются ледовые и снеговые шапки, арктический лед становится тоньше; западные туристы, путешествовавшие на российском ледоколе к Северному полюсу, с удивлением обнаружили там открытую воду вместо льда. В период с 1980 по 1998 гг. в мире было отмечено более ста случаев «обесцвечивания» кораллов, когда рифы становились белыми и все жи-

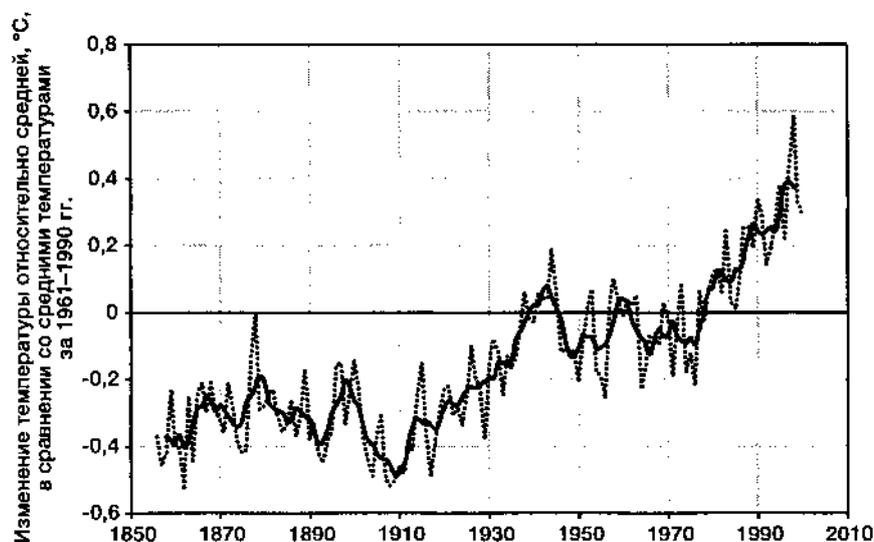


Рис. 3.27. Рост мировой температуры

Среднемировая температура за последнее столетие выросла на 0,6 °С. Пунктир отображает среднегодовые значения; сплошная линия показывает усреднение за пятилетние периоды. (Источник: CDIAC.)

вое на них вымирало, тогда как за весь предыдущий век таких случаев было только три. Обесцвечивание кораллов — это реакция экосистемы рифа на необычное повышение температуры океанской воды⁹⁰.

Даже некоторые экономисты (а уж они-то хорошо известны своим скептическим отношением к «сеющим панику» экологам) начинают признавать, что с атмосферой происходит что-то необычное и серьезное и что виной тому могут быть сами люди. В 1997 г. группа из более чем 2000 экономистов, включающая шесть Нобелевских лауреатов, сделала заявление:

Данные свидетельствуют о явном воздействии человека на глобальный климат. Как экономисты, мы уверены, что глобальное изменение климата приведет к существенным экологическим, экономическим, социальным и геополитическим рискам, и меры, препятствующие этому изменению, безусловно оправданы⁹¹.

Одна из причин растущей озабоченности экономистов — рост измеряемых экономических потерь от погодных катаклизмов, хорошо заметный начиная с 1985 г. (рис. 3.28).

Ни одно из таких наблюдений не доказывает, что происходящее изменение климата вызвано антропогенной деятельностью. И даже если бы доказывало, все равно последствия глобального изменения климата для будущей деятельности человека или для экосистемы точно предсказать невозможно. Некоторые используют такое отсутствие однозначности для того, чтобы запутать проблему⁹², поэтому очень важно пояснить, что же мы в действительности знаем. В этом мы опираемся на мнение нескольких сотен исследователей и ученых, которые образовали при ООН Межгосударственную группу экспертов по изменению климата (UN

Intergovernmental Panel on Climate Change) и примерно каждые пять лет выпускают детальные отчеты⁹³.

- Точно установлено, что антропогенная деятельность, особенно сжигание ископаемого топлива и сведение лесов, влияет на накопление в атмосфере парниковых газов.
- Точно установлено, что атмосферная концентрация диоксида углерода — основного парникового газа — экспоненциально растет. Концентрация CO₂ отслеживалась десятилетиями с помощью прямых наблюдений, а данные по прошлым периодам можно получить из проб воздуха, взятых из образцов полярного льда с разных глубин.
- Парниковые газы удерживают тепло, которое в противном случае рассеялось бы в космическом пространстве. Это свойство хорошо изучено, оно является следствием структуры молекул, которые поглощают излучение в определенном диапазоне длин волн.
- Поглощение тепла приводит к повышению температуры Земли относительно обычных значений.
- Потепление будет распределяться неравномерно: на полюса придется больше, чем на экваториальную область. Поскольку погода и климат на Земле определяются в основном разностью температур между полюсами и экватором, в результате изменятся сила и направление ветров и океанических течений, а также количество осадков.
- На потеплевшей Земле океан расширится, уровень его станет выше. Если потепление окажется достаточным для того, чтобы растопить полярные шапки, то уровень океана поднимется очень значительно, хотя это и займет много времени.

Три фактора придают этим рассуждениям довольно большую неопределенность. Во-первых, неизвестно, какой была бы глобальная температура без антропогенного воздействия. Если какие-нибудь долговременные климатологические факторы, не связанные с накоплением парниковых газов, и без того приводили к потеплению, то парниковые газы только усиливают этот эффект. Во-вторых, точно неизвестно, как именно изменятся температуры, ветры, течения, осадки, экосистемы и экономика человеческого общества в каждой конкретной точке земного шара при потеплении.

В-третьих, неопределенность кроется и в контурах обратных связей. Круговорот углерода и круговорот энергии на планете Земля — очень сложные процессы. Могут внести свой вклад компенсирующие механизмы, контуры с отрицательной обратной связью, которые приведут к



Рис. 3.28. Экономические потери в мире от погодных катаклизмов. Последние два десятилетия XX в. были отмечены ростом экономических потерь от погодных катаклизмов. (Источник: Worldwatch Institute.)

остановке накопления парниковых газов или к стабилизации температуры. Один из таких механизмов уже работает: океаны поглощают примерно половину избыточной концентрации диоксида углерода, выделяемой в результате антропогенной деятельности. Этого недостаточно для того, чтобы полностью остановить рост концентрации CO_2 в атмосфере, но достаточно для того, чтобы замедлить его.

Но могут возникнуть и положительные обратные связи, способствующие дестабилизации, — чем больше будет подниматься температура, тем сильнее будут тенденции к дальнейшему росту. Например, поскольку потепление приводит к таянию снегов и льдов, поверхность Земли будет отражать в космическое пространство меньше солнечных лучей, и это еще больше усилит потепление. Если начнут оттаивать почвы в тундре, это приведет к высвобождению большого количества связанного в них метана, что, в свою очередь, приведет к еще большему потеплению и высвобождению еще больших количеств метана.

Никто не знает, сколько положительных или отрицательных обратных связей проявится при увеличении концентрации парниковых газов в атмосфере и какие из них окажутся доминирующими. К счастью, в 90-е гг. удалось достичь большого прогресса в научных исследованиях в этой области, и сейчас компьютерное моделирование способно с высокой точностью просчитывать последствия изменения климата⁹⁴. Полученный в результате «Прогноз погоды на 2050 год» вызывает большие опасения и способен привлечь внимание общественности.

Вопрос не в том, изменится ли климат в будущем из-за человеческой деятельности. Вопрос в том, *насколько* он изменится (масштабы), *где* (в каких регионах) и *когда* (с какой скоростью произойдет изменение). Ясно также, что изменение климата во многих частях света неблагоприятно повлияет на социально-экономический сектор (включая использование водных ресурсов, ведение сельского и лесного хозяйства,

рыболовство и строительство жилья), на экологические системы (в особенности на коралловые рифы) и на здоровье людей (в особенности на инфекционные заболевания). В третьем оценочном отчете Межправительственной группы по проблемам изменения климата (IPCC, Third Assessment Report) сделан вывод о том, что изменение климата так или иначе затронет большинство людей на планете⁹⁵.

Ученым достоверно известно, что в истории Земли бывали температурные скачки и что планета не так-то быстро возвращалась к прежнему состоянию, сглаживая перепады. Скачки были довольно хаотичными. На рис. 3.29 показана динамика температуры Земли и концентрации двух парниковых газов—диоксида углерода и метана⁹⁶. Изменения температуры и концентрации газов происходили одновременно, и точно определить, что из них причина, а что следствие, затруднительно. Скорее всего, эти факторы взаимосвязаны вследствие сложных обратных связей.

Но самая важная информация на рис. 3.29 заключается в том, что существующие на сегодня концентрации диоксида углерода и метана *выше, чем они были 160 тысяч лет назад*. Какими бы ни были последствия, сейчас уже точно установлено, что человеческая деятельность переполняет стоки за счет выбросов парниковых газов гораздо быстрее, чем планета может с ними справиться. Налицо значительное нарушение равновесия в глобальной атмосфере, и с каждым днем ситуация ухудшается по экспоненте.

Процессы, инициируемые нарушением равновесия, по человеческим меркам могут считаться медленными. Чтобы они проявились в виде таяния льда, подъема уровня моря, изменения океанических течений, усиления штормов, изменения в распределении осадков и миграции насекомых, птиц и млекопитающих, должны пройти десятилетия. Но вполне вероятно и то, что климат может измениться резко, если сработают положительные обратные связи, о которых мы можем даже не знать. В отчете комитета Национальной академии наук США (National Academy of Sciences) за 2002 г. сообщается:

Недавние научные исследования показали, что повсеместно происходит значительное изменение климата, причем идет оно поразительно быстрыми темпами. Так, за последнее десятилетие температура в Северной Атлантике выросла на столько же, на сколько и за весь период со времени последнего оледенения, и это сопровождалось значительным изменением климата на большей части земного шара... Резкие изменения климата в прошлом до сих пор объяснены не до конца⁹⁷.

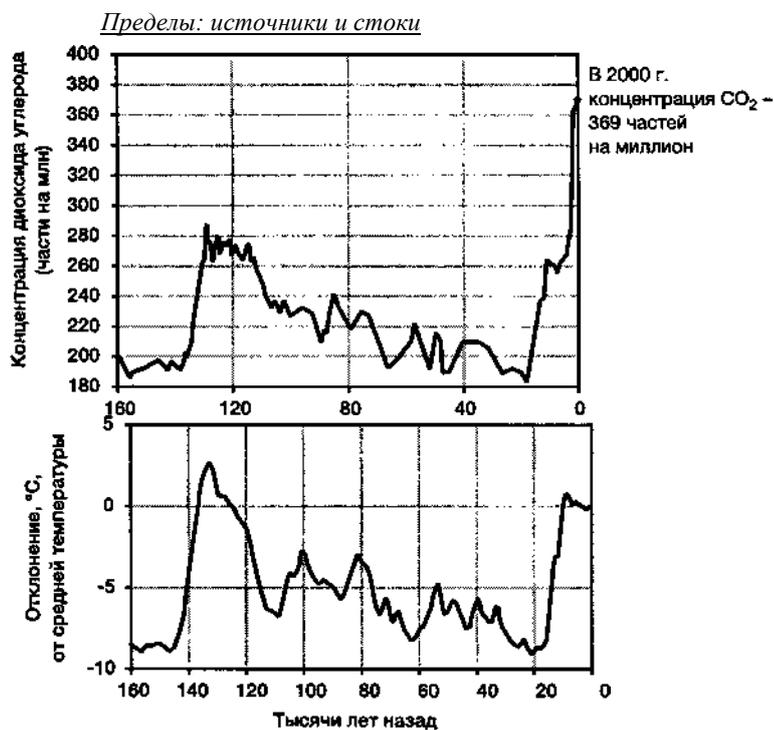
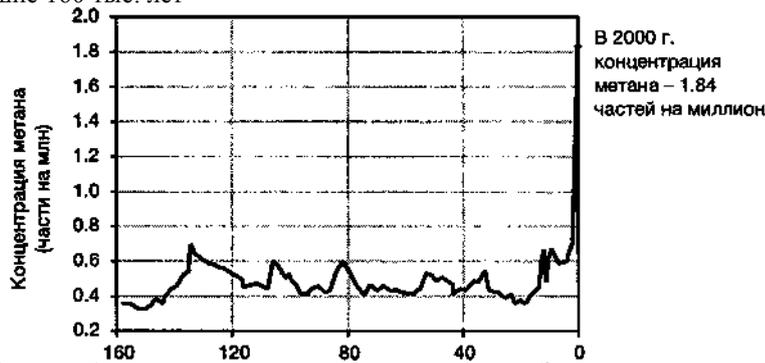


Рис. 3.29. Парниковые газы и средняя глобальная температура за прошедшие 160 тыс. лет



Анализ образцов льда показывает, что в прошлом на Земле случались резкие скачки температур (ледниковые и межледниковые периоды); концентрации диоксида углерода и метана в атмосфере менялись одновременно с изменением температуры. Современные концентрации этих газов значительно превышают даже те уровни, которые имели место на планете задолго до появления на ней человека. (Источник: CDIAC.)

Независимо от того, быстрыми будут эти изменения или медленными, мы знаем, что отрицательные последствия будут сказываться веками, если не тысячами.

Негативные воздействия на окружающую среду в результате человеческой деятельности, которые мы уже обсудили в этой главе, вовсе не яв-

ляются необходимым. Их вполне можно избежать. Загрязнение теперь становится не признаком прогресса, как было раньше, а признаком неэффективности и халатности. Промышленность это уже осознала и ищет пути уменьшения выбросов и экономии ресурсов, пересматривая все производственные процессы от начала и до конца, двигаясь от решений «на конце трубы» (уменьшения выбросов от действующих процессов производства. Промышленность переходит к «чистому производству» (создавая такие виды продукции и такими способами, чтобы минимизировать выбросы загрязнений и использование ресурсов) и к «промышленной экологии» (когда потоки на выходе из одного производства используются в качестве сырья для другого). Производители микросхем вкладывают деньги в ионообменные колонны, позволяющие улавливать тяжелые металлы, и в результате, кроме значительной экономии от повторного использования металлов, получают еще и меньшие счета за воду, и более выгодную ставку страхования. Производственные компании уменьшают выбросы загрязнителей в атмосферу и гидросферу; снижается потребность в воде и производство твердых отходов; в год на эксплуатационных расходах экономятся сотни миллионов долларов. Химические заводы решают снизить выбросы CO₂, чтобы уменьшить предполагаемые платежи и штрафы за производство отходов и одновременно существенно экономить на энергетических расходах.

Большая часть таких мер, как это ни покажется удивительным, дает прямую выгоду даже в кратковременной перспективе, не говоря уже об улучшении связей с общественностью, которое при этом имеет место. Экономическая выгода, без сомнения, служит мощным стимулом для дальнейшего снижения экологической нагрузки в расчете на единицу потребления.

Если увеличить вдвое средний срок службы продукции, используемой в экономике, если вдвое больше материалов подвергать переработке и повторному использованию, если для производства продукции использовать вдвое меньше материалов, чем раньше, то все это позволит уменьшить материальные потоки в системе в восемь раз⁹⁸. Если использовать энергию эффективнее, если эксплуатировать возобновимые источники энергии, если землю, воду, продовольствие и древесину использовать по безотходным технологиям и одновременно восстанавливать леса, то это остановит накопление в атмосфере парниковых газов и многих других видов загрязнителей.

За пределами

Общая оценка... показывает, что существующее использование природных ресурсов и нагрузка на окружающую среду превышают поддерживающую емкость долговременные возможности Земли... Если бы каждый житель планеты пользовался такими же экологическими благами, как в Северной Америке, то нам пришлось бы иметь для этого три планеты вместо одной, чтобы удовлетворить мировую потребность в сырье с использованием существующих технологий... Чтобы приспособиться к грядущему росту численности населения и экономического производства в ближайшие четыре десятилетия, потребовалось бы от шести до

двенадцати дополнительных планет.

Матис Вакернагель и Уильям Риз (Mathis Wackemagel and William Rees), 1996

Факты, которые мы приводим в этой главе, а также гораздо более подробные данные, содержащиеся в различных базах данных в мире, и ежедневные публикации в средствах массовой информации показывают, что мировая экономика использует планетарные источники и стоки неустойчиво. Почвы, леса, поверхностные и фунтовые воды, болота, атмосфера и биоразнообразие в природе подвергаются опасности и постепенно деградируют. Даже в тех регионах, где возобновимые источники выглядят стабильными, как, например, леса в Северной Америке или почвы в Европе, на самом деле их качество, разнообразие или состояние вызывают большие сомнения. Химический состав земной атмосферы меняется, причем масштабы этих изменений уже привели к ощутимому изменению климата.

Прожигать капитал, вместо того, чтобы жить на проценты

Если бы истощение затронуло только один или несколько источников, в то время как остальные оставались бы стабильными или даже демонстрировали рост запасов, было бы логичным продолжить привычный рост за счет замены истощившегося ресурса на какой-нибудь другой, хотя, конечно, у такой замены были бы определенные ограничения. Если бы переполнение касалось только части стоков, человечество могло бы заменить один сток (например, океан) на другой (например, атмосферу). Но поскольку переполняется сразу множество стоков и истощается сразу множество источников, поскольку экологическая нагрузка от деятельности людей превысила уровень устойчивости, спасти могут только фундаментальные изменения.

Существующие пределы, если разобраться, не являются пределами экономической деятельности человека и не измеряются как валовой мировой продукт. Эти пределы ограничивают экологическую нагрузку, которая зависит от человеческой деятельности. И в кратковременной перспективе они не являются непреодолимыми. Выйти за пределы — вовсе не значит врезаться в стену с ходу. Самый простой пример — рыболовство: если улов за год существенно превысил уровень воспроизводства, значит, рыбные запасы истощатся и улова больше не будет. Точно так же обстоят дела и с выбросами парниковых газов: какое-то время они растут, даже после выхода за пределы устойчивости, и лишь после некоторого запаздывания отрицательные последствия изменения климата вынуждают уменьшить выбросы. К сожалению, пока получается так: чтобы предпринять действия в правильном направлении, человек всегда сначала выходит за пределы и лишь потом (самостоятельным волевым усилием или под давлением природных факторов) пытается вернуться в область устойчивости.

Множество людей признают, что на локальном уровне экологическая нагрузка превышает локальные же пределы устойчивости. Город Джакарта выбрасывает в воздушную среду больше загрязнений, чем могут перенести

человеческие легкие. Леса на Филиппинах сведены практически полностью. Почвы на Гаити истощены в такой степени, что под ними проглядывают скальные породы. Рыболовецкие артели, вылавливавшие треску на Ньюфаундленде, распущены, потому что им больше нечего ловить. Парижане летом должны соблюдать ограничения скорости, чтобы уменьшить загрязнение воздуха от автомобилей. Несколько европейских стран летом 2003 г. пережили резкий скачок смертности, когда тысячи людей скончались из-за рекордной жары. Рейн долгие годы загрязнялся так сильно, что даже сейчас ил, поднятый драгами из заливов в Нидерландах, надо хранить с такими же предосторожностями, как и ядовитые отходы. Лыжники, надеявшиеся отдохнуть в Осло в 2001 г., едва могли найти снег, пригодный для катания.

В случае с некоторыми проблемами, как, например, было с ХФУ, которые приводят к истощению озонового слоя, мировая общественность не только признала факт выхода за пределы, но и приложила согласованные международные усилия к тому, чтобы исправить ситуацию. Сейчас предпринимаются попытки ограничить выбросы парниковых газов, хотя им и препятствует эгоизм и недалекость правительств, больше озабоченных краткосрочными интересами тех, кто дал им деньги на предвыборную кампанию, — а эти люди тоже эгоистичны и недалекосвидны. Киотский протокол и то, что с ним стало, — хорошая тому иллюстрация.

И все равно сейчас *общие проблемы* выхода за пределы обсуждаются недостаточно широко. Нет давления, которое заставило бы в срочном порядке принимать технические меры по повышению эффективности. Практически нет готовности и желания что-нибудь сделать с причинами роста населения и капитала. Отсутствие внимания к проблемам выхода за пределы еще можно было бы простить в 1987 г. Тогда даже информированные специалисты из Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию (World Commission on Environment and Development), изучавшие глобальные тенденции и признавшие их «несколько неустойчивыми», не нашли в себе сил заявить, что *человечество уже вышло за пределы*. И уж тем более они не задавались всерьез вопросом, что с этим надо делать. Может быть, они просто не могли поверить, что это правда. Но сегодня, на пороге нового тысячелетия, отрицать очевидное невозможно. Выход за пределы — это ужасная реальность, и игнорировать ее последствия непростительно.

Причины, по которым о проблеме выхода за пределы избегают говорить вслух, понять несложно — они чисто политические. Любое упоминание о снижении роста тут же приводит к наболевшей проблеме распределения ресурсов и к поиску ответственных за создавшееся положение. Образно говоря, любой богатый человек создает экологическую нагрузку больше, чем любой бедный человек. Один немец создает экологическую нагрузку в 10 раз больше, чем один житель Мозамбика; на одного жителя России приходится столько же добытых природных ресурсов, сколько и на одного немца, но при этом уровень жизни в России на порядок ниже, чем в

Германии. Если мир в целом вышел за пределы, то кто должен за это отвечать? Расточительные богатые, многочисленные бедные или неэффективно работающие экс-социалисты? Когда дело касается всей планеты, отвечать должны тоже все.

Извечная нищета большинства обитателей планеты и чрезмерное потребление меньшинства - две основные причины деградации окружающей среды. Направление, в котором движется мир, неустойчиво, и принятие мер откладывать уже нельзя".

Экологи часто используют формулу, которую они называют IPAT (Impact, Population, Affluence, Technology — Нагрузка, Население, Благо-состояние, Технология).

Экологическая нагрузка = Население x Уровень благосостояния x x Технологии

Экологическая нагрузка (I) любой страны или региона на планетарные источники и стоки зависит от численности населения (P), умноженной на уровень достатка (A) и на уровень технологического развития (T), поддерживающего этот уровень достатка. Чтобы уменьшить нагрузку на среду со стороны человечества, необходимо, чтобы каждое общество приняло меры к уменьшению самого большого из этих множителей. В странах Юга самый значимый фактор — численность населения (P), в странах Запада—уровень благосостояния (A), в то время как в Восточной Европе — уровень развития технологий (T).

Области, в которых можно добиться улучшений, просто поражают воображение. Если каждый множитель из уравнения IPAT разбить на составляющие и расписать подробно, сразу станет понятно, как много путей существует для уменьшения экологической нагрузки и каких значительных результатов можно добиться (см. табл. 3.3)¹⁰⁰.

Уровень благосостояния определяется высоким уровнем потребления; например, количеством часов, проведенных перед телевизором, за рулем автомобиля или просто в тиши комфортабельной комнаты. Экологическая нагрузка в зависимости от уровня достатка выражается в виде потребления материальных потоков, энергии, а также связанных с этим выбросов в окружающую среду. Например, если кто-то выпивает в день три чашечки кофе, нагрузка будет зависеть от того, какая посуда при этом использовалась: пластиковые одноразовые стаканчики или традиционные керамические чашки. Использование многоразовой посуды влечет за собой расход моющих средств и воды, а также небольшой поток новой посуды, чтобы заменить ту, что разобьется за год. Если же человек использует пластиковые стаканчики, то поток отходов включает в себя все стаканчики, использованные за год, а также нефть и химикаты, израсходованные для их производства и транспортировки к месту использования.

Влияние технологии выражено в табл. 3.3 как количество энергии, необходимое для создания и обеспечения каждого материального потока, умноженное на экологическую нагрузку, приходящуюся на единицу энергии. Энергия необходима для добычи глины, которая пойдет на изготовление керамической посуды, для обжига этой посуды, для доставки готовой продукции в магазины и в дома потребителей, даже для нагрева воды, которой будут мыть эти чашки. Энергия необходима для того, чтобы изыскать и добыть нефть, из которой будут делать пластиковые стаканчики, чтобы перевезти эту нефть на перерабатывающий завод, чтобы на нем получить из нее полимер, сформовать стаканчики, упаковать и доставить их сначала в магазин, затем потребителям, а после использования — на мусорную свалку. Каждый тип энергии дает ту или иную нагрузку на окружающую среду. Экологическую нагрузку можно изменить технологическими средствами — с помощью методов борьбы с загрязнениями, повышения энергоэффективности или переключения на другие источники энергии.

Изменение любого фактора из табл. 3.3 приводит к изменению экологической нагрузки и либо возвращает мировую экономику ближе к пределам окружающей среды, либо уводит ее от них еще дальше. Уменьшение численности населения или количества сырья, расходуемого каждым человеком, поможет удерживать систему в рамках устойчивости планеты. Тому же способствует и более высокая энергетическая эффективность: на единицу потребления приходится меньше энергии или сы-

Таблица 3.3. Воздействие на окружающую среду в зависимости от численности населения, уровня благосостояния и развития технологий*

Население	Благосостояние	Технологии
-----------	----------------	------------

Численность населения X	акционерный материальное капитал	нагрузка на окружающую энергия соenv
	потребление чествово людей ^x запасы капитала	материальное ^x энергия потребление
Пример		
население X	стаканчиков .. вола + мыло чел. стаканчиков в год	гигаджоули или CO ₂ , NO _x , киловатт-часы .. использование земли килограмм гигаджоули воды + мыло или киловатт-часы
Области приложения		
Планирование семьи Грамотность среди женщин Социальные программы Роль женщин Землепользование	Стоимость Срок службы изделий ы Выбор материалов ные издержки Продукция с минимальной материалоемкостью Что мы хотим? Переработка и повторное использование Сколько нам доста- Регенерация отходов точно?	Эффективность конеч- Наименее загрязняющие ного использования источники Эффективность пере- Выбор масштаба работы производства Эффективность рас- Выбор места размещения пределения Интеграция в общую Технологии, снижающие систему степень загрязнения Реорганизация процес- Возмещение ущерба, сов нанесенного окружающей среде
Приближенные пределы долговременных изменений (крат)		
~2 ^x	? ~3-10 ^x	~5-10 ^x ~10 ² -10 ^{3x}
Временные рамки основных изменений		
-50-100 лет	-0-50 лет -0-20 лет 1 -0—30 лет -0—50 лет	

Пределы: источники и стоки

рья, а значит, и выбросы меньше. В таблице отражены основные способы уменьшения каждого из множителей в уравнении, а также оценки того, во сколько раз каждый из факторов может уменьшить совокупную

экологическую нагрузку и за какой период времени.

Из таблицы становится понятно, что есть очень много вариантов. Просто поразительно, насколько можно уменьшить воздействие человека на планетарные источники и стоки. Даже если в каждой области будут достигнуты небольшие улучшения, совокупный эффект позволит уменьшить нагрузку на окружающую среду не просто в разы, а в сотни раз или даже больше.

Если есть так много вариантов, то почему же у нас возникают такие проблемы с реализацией даже малой толики из них? И что произошло бы, если бы нам удалось принять меры? Что произошло бы, если бы численность населения, уровень достатка и технологической активности начали уменьшаться? Как эти факторы влияют друг на друга? Что произойдет, если экологическая нагрузка снизится благодаря технологическим инновациям, но при этом численность населения и капитал продолжают расти еще больше? Что произойдет, если экологическая нагрузка не снизится вообще?

Чтобы ответить на эти вопросы, уже нельзя рассматривать источники и стоки по отдельности, как мы делали в этой главе. Необходимо оценивать экологическую нагрузку в целом, учитывая влияние на нее и численности населения, и капитала, а также взаимное влияние численности населения и капитала друг на друга. Чтобы сделать это, от статического анализа факторов по отдельности необходимо перейти к анализу динамики всей системы.

ГЛАВА 4

Модель World3: динамика роста в конечном мире

Если современные оценки роста численности населения подтвердятся, а масштабы антропогенного воздействия на планету останутся прежними, то наука и технологии не смогут предотвратить ни неизбежную деградацию окружающей среды, ни грядущее обнищание большей части населения планеты.

Лондонское королевское общество и Национальная академия наук США, 1992

Факторы, ответственные за рост численности населения и капитала, включают в себя множество составляющих, которые могут усиливать или ослаблять друг друга. Коэффициент рождаемости снижается быстрее, чем ожидалось, однако численность населения продолжает расти. Многие люди становятся богаче, им требуется все больше промышленной продукции, но при этом они хотят, чтобы загрязнение окружающей среды было меньше. Потоки энергии и сырья, необходимые для поддержания промышленного роста, расходуют невозобновимые ресурсы и приводят к истощению возобновимых источников. И одновременно постоянно развиваются новые технологии, открываются новые запасы, сырье используется все более эффективно. Любое общество испытывает потребность в капитале: он необходим для того, чтобы делать инвестиции в поиск новых ресурсов, в производство дополнительной энергии, в борьбу

с загрязнением окружающей среды, в образование, в здравоохранение и другие социальные сферы. Но, с другой стороны, тот же капитал необходим для увеличения производства потребительских товаров, ведь спрос на них постоянно растет.

Как взаимодействуют эти факторы между собой и к чему это приведет в ближайшие десятилетия? Чтобы понять это, необходима модель, причем гораздо более сложная, чем мы обычно себе представляем. Глава 4 посвящена модели World3 — компьютерной модели, которую мы создали и использовали. Здесь мы описываем все основные подсистемы, образующие структуру модели World3, и даем основные выводы о перспективах XXI в., которые она позволила нам сформулировать.

Назначение и структура модели World3

Хотя всем хочется точно знать, что ждет нас в будущем, тем не менее, когда кто-нибудь предлагает модель для изучения этого будущего, это часто вызывает непонимание и чувство разочарования. Мы столкнулись с этим сразу же после опубликования первого издания этой книги более 30 лет назад. Эту проблему хорошо иллюстрирует отрывок из фантаста-

ческого романа — фрагмент беседы Шелдона, разработчика модели, с императором.

«Мне стало известно, что вы считаете возможным предсказание будущего».

Шелдон ощутил усталость: похоже, его теорию все время истолковывают неверно. Наверное, не стоило ее публиковать.

Он ответил: «Не совсем так. То, что мне удалось сделать, имеет множество ограничений. Сделанное... может показать... что, можно выбрать стартовую точку и выдвинуть соответствующие допущения, чтобы исключить хаос. Это может позволить предсказывать будущее, хотя, конечно, только в общих чертах, без подробностей...»

Император, слушавший очень внимательно, сказал: «Но разве это не значит, что вы показали, как предсказывать будущее?»¹.

Далее в этой книге мы будем часто использовать модель World3 для построения сценариев, которые позволят «в общих чертах» оценить будущее. Чтобы недопониманию наших целей не осталось места, сначала дадим несколько определений и сделаем важные замечания о моделях.

Модель — это упрощенное представление реальности. Если она полностью, до мельчайших подробностей отображает реальность, то в ней нет смысла и она бесполезна. Например, карта дорог будет бесполезна для водителей, если в ней будет представлено подробное описание всех деталей ландшафта. Ее задача — сосредоточиться на дорогах и не принимать во внимание, например, год постройки зданий или виды растений, встречающихся по пути. Небольшая физическая модель самолета может использоваться для анализа воздушных потоков в аэродинамической трубе, но она не даст никакой информации о комфорте пассажиров в салоне в ходе полета. Пейзажи в галереях — это графические модели, отображающие настроение или физические особенности ландшафта, но они не отвечают на вопросы о стоимости или теплоизоляции изображенных зданий. Чтобы узнать эти параметры, необходим другой тип модели — архитектурные и строительные чертежи, поэтажные планы зданий. Поскольку модели — практически всегда упрощения реальности, они не могут быть идеальными ее копиями; ни одна модель не может быть абсолютно истинной.

Модель всегда создается с какой-то конкретной целью, и она должна быть полезна именно для этой цели — например, чтобы ответить на ряд конкретных вопросов. При использовании модели надо всегда помнить о ее ограничениях и о том, что на все вопросы она ответы дать не может. Мы создавали модель World3 таким образом, чтобы она дала ответы на четко сформулированные вопросы о долговременном физическом росте на планете. И это, к сожалению некоторых, означает, что на многие из тех вопросов, что интересуют их лично, модель World3 ответить не в состоянии.

Модели могут принимать самые разные формы: существуют так называемые мысленные модели, речевые, графические, математические и физические модели. Например, многие слова, использованные в этой

книге, - речевые модели. Рост, население, лес и вода - всего лишь символы, речевые представления довольно сложных понятий. Любой график, диаграмма, схема, карта или фотография - графическая модель. Они отображают на листе бумаги наличие и расположение объектов. Модель World3 - математическая модель. Она состоит из набора математических уравнений, описывающих связи между факторами. Чтобы понять явления роста и пределов, мы не использовали физические модели, хотя для других целей, наверное, они были бы полезны, например, для создания биоценозов или проектирования промышленной продукции.

Мысленные модели — абстракции, которые можно построить в уме. Они неформальны, ими нельзя напрямую поделиться с другими. Формальные модели существуют в виде, к которому можно получить непосредственный доступ; другие люди могут увидеть эту модель, а иногда и изменить. Использование обоих типов моделей должно взаимно дополнять друг друга. Такие модели позволяют узнать больше о нашей реальности и о наших мысленных моделях, и это делает наши мысленные модели богаче. А когда мы учимся новому, мы можем создавать все более сложные формальные модели, и так до бесконечности. Авторы проходили по этому кругу снова и снова тридцать с лишним лет, и одним из результатов стала эта книга.

Чтобы написать ее, мы использовали слова, данные, графики и компьютерные сценарии. Эта книга — модель того, что мы знаем, и создание ее только увеличило объем наших знаний. Этот текст — как лучшая попытка перенести на бумагу наши мысли, наше представление о физическом росте на планете в ближайшее столетие. И все же следует помнить: эта книга — модель, а значит, всего лишь упрощенное представление «реального мира».

Естественно, это породило определенные сложности. Мы будем говорить о формальной модели, имитационном компьютерном моделировании мировой системы. Чтобы эта модель могла принести пользу, мы будем сравнивать ее с «реальным миром». Вопрос только в том, что понимать под этим «реальным миром» — на этот счет одинаковых мнений нет ни среди нас, авторов, ни среди наших читателей. Все мы оперируем собственными мысленными моделями, нашими представлениями о реальном мире, которые создаются как на основе объективной информации, получаемой о мире, так и на основе субъективных ощущений и опыта. Именно это позволило виду *Homo sapiens* стать столь успешным. И именно это создавало массу проблем на протяжении существования человечества. Но какими бы ни были наши сильные и слабые стороны, наши мысленные модели выглядят чрезвычайно примитивными в сравнении с огромной, сложной, постоянно изменяющейся Вселенной, которую они призваны для нас описать.

Чтобы лишний раз напомнить и нам самим, и нашим читателям, о нашей зависимости от моделей, мы всегда берем в кавычки тот «реальный

мир», с которым сравнивается модель World3. То, что мы называем «реальным миром» или «реальностью», на самом деле просто общие мысленные модели авторов этой книги. Слово «реальность» никогда не может означать ничего, кроме мысленной модели того, кто это слово произнес. Иначе и быть не может. Мы можем только утверждать, что изучение компьютерной модели позволило нашим мысленным моделям стать более точными, более глубокими, более doskonaльными, чем когда-либо. В этом состоит преимущество компьютерных моделей: они способствуют строгости, логичности и точности изложения, что трудно достижимо с помощью мысленных моделей. Кроме того, компьютерные модели дают чрезвычайно богатую основу для усовершенствования мысленных моделей.

Модель World3 сложная, но ее основную структуру понять нетрудно. Она отслеживает переменные уровни (такие как численность населения, промышленный капитал, концентрация загрязнений в окружающей среде, площадь возделываемых земель). В модели эти уровневые переменные зависят от потоков, способствующих их увеличению или уменьшению — поток рождаемости и смертности в случае численности населения; инвестиции и амортизация в случае любого капитала; образование и разрушение выбросов в случае загрязнения окружающей среды; эрозия и восстановление пахотных земель, а также изъятие земель под застройку и промышленные нужды - в случае возделываемых площадей. На данный момент в мире обрабатывается только часть пахотных земель. Умножение площади обрабатываемых земель на их среднюю урожайность позволяет рассчитать производство продовольствия. Последнее, будучи разделено на численность населения, дает производство продуктов питания на душу населения. Если оно опускается ниже определенной (критической) величины, начинает расти смертность.

Элементы и связи в модели World3 являются очевидными при последовательном рассмотрении. Например, модель World3 учитывает некоторую инерцию при росте численности населения и инерцию при накоплении загрязнений в окружающей среде, длительный срок службы производственных мощностей; конкуренцию при распределении капитала по различным секторам экономики. Она принимает во внимание, сколько времени займет то или иное изменение, запаздывание потоков, медленное протекание физических процессов. Модель содержит большое, даже *очень* большое число обратных связей. Эти связи замыкают цепи причин и следствий, в которых часто сам элемент является одной из причин своего будущего поведения. Изменение численности населения,

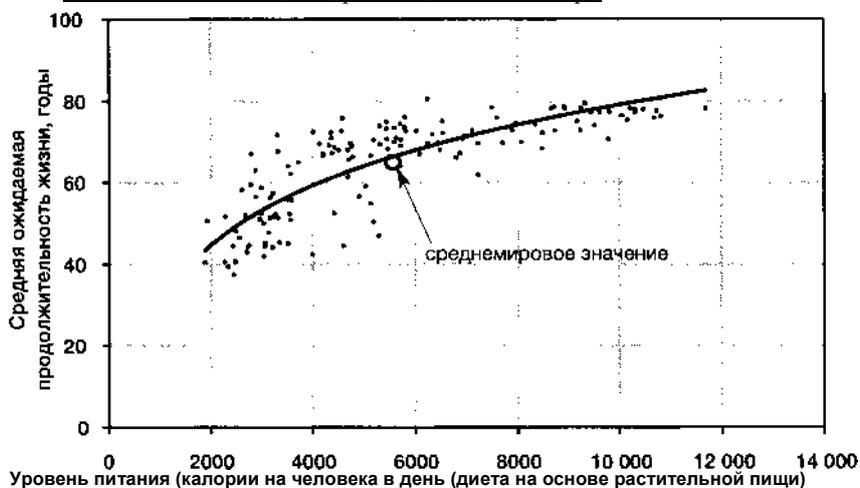
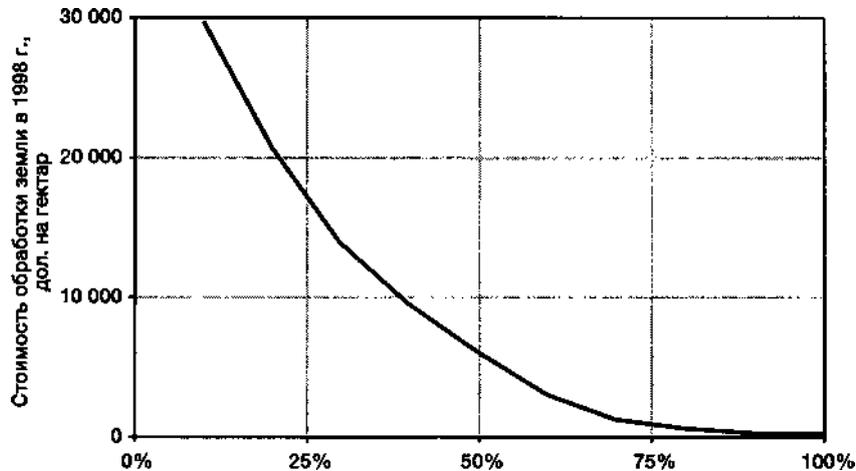


Рис. 4.1. Питание и ожидаемая продолжительность жизни

Ожидаемая продолжительность жизни населения — это нелинейная функция от уровня питания. Точки на графике отображают уровень питания и среднюю продолжительность жизни (данные по странам мира в 1999 г.). Уровень питания выражается в калориях (растительная пища) на человека в день. Если калории получены за счет животной пищи, то они пересчитываются с коэффициентом 7, поскольку для производства одной калории животной пищи требуется примерно 7 калорий растительной пищи. (Источники: FAO; UN.)

например, может привести к изменениям в экономике. Изменения в структуре экономики производства могут привести к изменениям численности населения, так как они воздействуют на коэффициенты рождаемости и смертности. Контуры обратной связи делают модель World3 динамически сложной.

Еще одна особенность модели - *нелинейность* связей. Такие связи нельзя отобразить прямой линией, они не вызывают пропорциональные изменения во всей области существования переменных. Пусть А воздействует на В. При линейной зависимости, если удвоение А вызывает удвоение В, то уменьшение А вдвое ведет к уменьшению В тоже вдвое. Увеличение А в пять раз вызовет пятикратный рост В. Линейные зависимости генерируют поведение, которое легко понять и прогнозировать. Но в «реальном мире» линейность встречается редко. Вот пример: в модели Wbrld3 мы должны учесть связь между производством продовольствия на душу населения и ожидаемой продолжительностью жизни. Одна зависимость между этими параметрами представлена на рис. 4.1. Если людям, которые постоянно недоедают, дать достаточное количество продовольствия, продолжительность их жизни существенно возрастет. Страны,



Потенциально пахотные, но не вовлеченные в оборот земли

Рис. 4.2. Затраты на обработку новых сельскохозяйственных земель. Модель World3 полагает, что обработка новых сельскохозяйственных угодий потребует тем больших затрат, чем меньше остается потенциально пахотных земель, еще не находящихся в обороте. (Источники: D.L. Meadows et al.)

которым удалось удвоить ежедневное потребление продовольствия с 2000 до 4000 калорий на человека (диета на основе растительной пищи), могут ожидать увеличения средней продолжительности жизни примерно на 50%, от 40 до 60 лет. Однако, если снова удвоить потребление продуктов питания и довести его до 8000 калорий в день, это даст уже меньшее увеличение продолжительности жизни - возможно, всего 10 дополнительных лет. В какой-то момент дальнейший рост душевого потребления пищи приведет даже к уменьшению продолжительности жизни.

В «реальном мире» такие нелинейные связи встречаются повсюду. Пример нелинейной связи, использованной в модели World3, показан на рис. 4.2: стоимость обработки новых сельскохозяйственных земель как функция от количества потенциально пахотных, но еще не используемых земель. Мы предположили, что первые фермеры заняли самые плодородные земли, имевшие лучший доступ к воде, и потому затраты на ведение сельского хозяйства на них были минимальными. Это отображено в крайней правой части графика, где почти все 100% потенциально пахотных земель остаются необработанными. Но по мере вовлечения в сельское хозяйство все большего количества земли (при смещении в левую часть графика) их качество становится хуже: они слишком сухие, или, наоборот, слишком влажные, слой почвы меньшей мощности, температуры менее благоприятные. Затраты на обработку таких земель больше. В соответствии с принципами классической экономики (самая дешевая продукция потребляется первой) модель World3 полагает, что чем позже земли вовлечены в сельскохозяйственный оборот, тем дороже обходится их обработка, и затраты растут нелинейно.

Один параметр влияет на другой, это приводит к изменению. Он ме-

няется еще больше, и тут вместо пропорционального эффекта мы получаем либо значительно больший эффект, либо его отсутствие, а то и прямо противоположный эффект. Из-за таких нелинейностей и в «реальном мире», и в модели World3 порой случаются неожиданные вещи, как будет показано позже в этой главе.

Запаздывания, нелинейности и контуры обратной связи в модели Wbrld3 делают ее динамику сложной, но модель по-прежнему является упрощением реальности. Она не проводит различия между разными частями света, не представляет отдельно богатых и бедных. Загрязнение в модели очень сильно упрощено. В реальной жизни образуются тысячи самых разных загрязнителей. Они поступают в окружающую среду с разными скоростями, влияя на растительный и животный мир сотнями способов. Модель World3 учитывает влияние этих загрязнителей всего в двух переменных — одна описывает загрязнители воздуха с коротким временем жизни, другая — токсичные выбросы с долгим временем жизни. Модель различает возобновимые источники, производящие продукты питания, хлопок и другие растительные волокна, и невозобновимые, дающие ископаемые виды топлива и минеральное сырье. Но она не учитывает отдельно типы продуктов питания, типы топлива и сырья. Модель не учитывает причины и последствия применения насилия. И в ней не присутствуют ни капитал оборонного сектора, ни коррупция.

Такая степень упрощения удивляет некоторых людей - они полагают, что в модель необходимо включить все, что мы знаем о мире, в особенности факторы отличия, которые в классических науках кажутся такими большими и важными. Однако внесение таких данных совсем не обязательно сделает модель лучше. И в любом случае она станет сложнее для понимания. Несмотря на свою относительную простоту, модель World3 значительно сложнее и глубже, чем большинство моделей, которые используются сейчас для оценки отдаленных перспектив мировой системы.

Если вы пытаетесь понять, как будут вести себя в будущем социальные системы, нужна балансовая модель. Нет смысла создавать модели с мельчайшими подробностями в одной сфере, но при этом с грубым упрощением в другой. Например, некоторые демографические модели очень точно отслеживают половозрастное распределение по разным странам и регионам. Однако они полагают, что коэффициенты рождаемости и смертности будут следовать раз и навсегда определенным для них зависимостям, и что они друг на друга не влияют². Некоторые экономические модели описывают десятки, а то и сотни секторов экономики, но они предполагают, что связи между входными и выходными потоками всегда линейны, или что рынок всегда быстро выравнивает спрос и предложение, или что люди принимают решения на основе исключительно экономических соображений и полной информации.

Если модель призвана отразить основные тенденции поведения системы в будущем, то в ней должны учитываться причинно-следственные

связи по самым важным переменным. В некоторых моделях используются сотни уравнений, чтобы отобразить влияние на единственную переменную или элемент системы, но при этом прочие переменные, например, потребление энергии как экзогенный фактор, управляемый внешними воздействиями, определяются либо по историческим данным, либо вообще интуитивно. Модели, подобные умозрительным последовательностям, могут быть ограничены самым слабым звеном в цепи. Мы старались сделать все подсистемы модели World3 одинаково сильными, пытались учесть все важные факторы, чтобы модель не грешила чрезмерным упрощением или зависела исключительно от внешних параметров.

Нет необходимости верить нам на слово. Мы подготовили компакт-диск с моделью World3 и документацией к ней. Вы можете получить копию диска, воспроизвести все наши сценарии, сравнить их и оценить правильность наших выводов³.

Назначение модели World3

Разработчики моделей, если они не хотят создать непроходимые дебри, должны ограничивать себя. Им вовсе не следует вводить в модели все, что они знают о мире: нужно ограничиться только тем, что имеет *отношение к поставленной задаче*. Искусство моделирования, как и поэзия, архитектура, инженерное проектирование или картография, требуют привлечения только того, что необходимо для достижения цели, и не более. Это легко сказать, но трудно сделать.

Поэтому, чтобы понять модель и оценить ее пригодность для конкретной цели, важно сначала понять саму эту цель. Цель создания модели World3 — представить в широком аспекте будущее, возможные пути или сценарии поведения мировой экономики, когда в наступившем столетии на нее будут влиять пределы потенциальной емкости планеты⁴. Разумеется, существует еще масса важных вопросов, связанных с долговременной перспективой мира. Какая политика способна максимизировать промышленное развитие Африки? Какой должна быть наилучшая программа планирования семьи в регионе, где большая часть населения неграмотна? Как общество может уменьшить пропасть между благосостоянием богатых и бедных, внутри одной страны и между странами? Факторов и взаимосвязей, которые могли бы ответить на эти вопросы, в модели World3 вы не найдете. Возможно, на часть из этих вопросов могли бы ответить другие компьютерные модели. Но чтобы они принесли пользу, им, в свою очередь, придется учитывать ответы, полученные с помощью модели World3, а главное, ответ на ключевой вопрос: *Как растущая численность населения и физический капитал будут взаимодействовать с ограниченной потенциальной емкостью Земли (ее пределами устойчивости) в ближайшие десятилетия и можно ли добиться, чтобы человеческая деятельность вписывалась в эти пределы?*

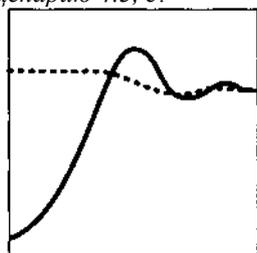
Уточним: потенциальная емкость — это предел. Любая популяция, превысившая эту величину, вышедшая за пределы, не может существовать

устойчиво. Если численность популяции превышает потенциальную емкость, это приводит к истощению системы, от которой зависит популяция. Если возможно восстановление окружающей среды, то такое истощение будет временным, поправимым. Если восстановление невозможно, или если оно занимает столетия, то такую деградацию среды можно считать необратимой.

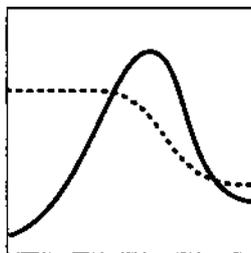
Растущее общество может достигнуть предела своей потенциальной емкости четырьмя принципиальными способами (рис. 4.3)⁵. Первый вариант - непрерывный рост - возможен в том случае, когда до предела еще очень далеко, либо предел сам растет, причем со скоростью, превышающей темпы роста численности населения. Второй вариант — по мере приближения к пределу рост замедляется, затем прекращается, и численность стабилизируется в допустимых пределах. Экологи называют такие кривые логистическими функциями, или S-образными (сигмоидальными) кривыми — пример показан на рис. 4.3, б. Для мирового сообщества уже невозможен ни первый, ни второй варианты, поскольку численность населения уже находится за допустимыми пределами.

Третий вариант состоит в том, что кривая выходит за пределы потенциальной емкости, но не очень надолго, и это не приводит к существенным негативным последствиям. В этом случае экологическая нагрузка будет то выходить за пределы, то снова возвращаться в их рамки. Такое поведение показано на рис. 4.3, с, это затухающие колебания. Четвертый вариант — выход за пределы, вызывающий тяжелые и необратимые последствия для системы и ее ресурсной базы. Если это произойдет, то численность населения и экономика быстро придут в упадок, пока не стабилизируются на новом, очень низком уровне, соответствующем новым пределам поддержания. Мы называем это *выходом за пределы и катастрофой (коллапсом)*; такой график показан на рис. 4.3, d.

Многочисленные и убедительные доказательства подтверждают: мировое сообщество уже находится за пределами потенциальной емкости планеты. Какая политика может позволить постепенно вернуться в рамки планетарных пределов и перейти от сценария 4.3, d к сценарию 4.3, с?



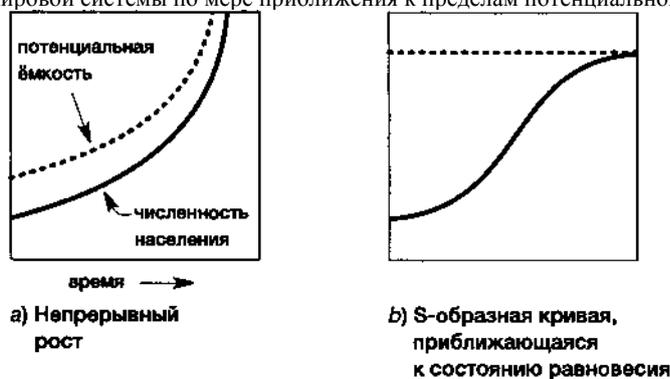
с) Выход за пределы и колебания



d) Выход за пределы и катастрофа (коллапс)

Рис. 4.3. Возможные варианты приближения численности населения к потенциальной емкости

Основной вопрос, на который должна ответить модель World3: какие из приведенных моделей поведения описывают численность населения и экономику мировой системы по мере приближения к пределам потенциальной емкости?



Наша концепция «мирового сообщества» учитывает как численность населения, так и объемы и качественные характеристики потребления. Чтобы численно выразить это, мы используем понятие экологической нагрузки, (ecological footprint, экологический след) введенное Матисом Вакернагелем (Mathis Wackemagel) и его коллегами⁶. Как мы уже отмечали, экологическая нагрузка на окружающую среду со стороны человечества — это все виды его воздействия на планету. Сюда входят и сельское хозяйство, и добыча полезных ископаемых, и рыболовство, и лесопользование, и выбросы загрязнений в окружающую среду, и уменьшение биологического разнообразия, и преобразование ландшафтов. Экологическая нагрузка обычно растет с увеличением населения, поскольку вместе с этим растет и потребление. Однако она может и уменьшаться, если для этого применяются соответствующие технологии, позволяющие снизить воздействие на среду в расчете на единицу человеческой активности.

Можно и другими словами описать, для чего мы создали модель World3. Раз уж экологическая нагрузка на потенциальную емкость среды, вызванная современной численностью населения, находится выше предельной, то приведет ли современная политика систему к относительно спокойным, регулярным колебаниям, без резкого снижения численности населения и упадка экономики? Или мировое сообщество ожидает глобальная катастрофа? Если катастрофа возможна, то когда? Что следует предпринять, чтобы уменьшить масштабы катастрофы, отдалить ее наступление, минимизировать ее социальные и экологические последствия?

Эти вопросы относятся к общим схемам поведения, а не к точным условиям будущего. Чтобы ответить на них, необходимы не точные предсказания, а другой тип моделирования. Если, например, вы бросите мяч вертикально вверх, вы с достаточной точностью сможете описать, что с

ним произойдет. Он будет подниматься вверх со все меньшей скоростью, затем поменяет направление движения на противоположное и начнет падать быстрее и быстрее, пока не ударится о землю. Вам точно известно, что мяч не будет бесконечно продолжать движение вверх, что он не начнет облетать планету по орбите и не сделает три оборота перед приземлением.

Если бы вы хотели точно рассчитать, на какую высоту поднимется мяч, или точно определить, когда и в какой точке он упадет на землю, вам потребовалась бы точная информация о многих параметрах мяча, о высоте над уровнем моря, о силе начального броска, о ветре, и вы должны были бы знать соответствующие физические законы. Рассуждая по аналогии, если бы мы хотели узнать точную численность населения в 2026 г., или точно сказать, когда мировая добыча нефти достигнет максимума и пойдет на спад, или точно оценить масштабы эрозии почв в 2070 г., то нам потребовалась бы гораздо более сложная модель, чем World3.

Насколько нам известно, такую сложную модель никто еще не создал и даже близко к этому не подошел. Сделать точные (можно даже сказать, точечные) прогнозы о будущем мирового населения, капитала и состоянии окружающей среды просто невозможно, даже если речь идет всего о нескольких десятилетиях. Никто не обладает знаниями, достаточными для этого, и вряд ли когда-нибудь будет обладать, и тому есть веские основания. Мировая социальная система чрезвычайно сложна. Ее сложность одновременно ужасает и приводит в восхищение. Многие важнейшие параметры сейчас не поддаются численной оценке, а возможно, и никогда не поддадутся. Понимание, которого достигло человечество в области сложных экологических циклов, очень ограничено. Более того, способность человека наблюдать, делать выводы, учиться и адаптироваться, выбирать и менять цели деятельности делает предсказание поведения системы принципиально невозможным.

По всем этим причинам мы вовсе не задавались целью делать точные прогнозы, когда создавали нашу формальную модель мира. Нам было нужно получить общую картину, тенденции поведения системы. Наша цель—проинформировать людей и повлиять на их выбор. Чтобы достичь этих целей, нам не нужно точно предсказывать будущее. Нам нужно всего лишь определить, какая политика увеличит вероятность перехода к устойчивому поведению системы и уменьшит последствия будущей катастрофы. Предупреждение о бедствии, направленное разумной аудиторией, которая в состоянии принять осознанные меры, может вообще предотвратить его наступление, или, по крайней мере, ослабить последствия. По всем этим причинам мы сосредоточились на схемах поведения, а не на количественных значениях. Мы надеемся, что прогнозы, данные моделью World3, позволят миру защитить себя.

Чтобы добиться наших целей, мы заложили в модель World3 определенную информацию о мировом населении и экономике. Она сродни той информации, что есть у любого человека, подбрасывающего мяч вверх, и

не предназначена для точного расчета траектории мяча после данного конкретного броска данного конкретного мяча.

Нас интересовали изменения, которые протекают многие десятилетия. Поэтому мы сосредоточились на загрязнении среды именно стойкими, долгоживущими веществами — теми, которые остаются в природе многие-многие годы. Мы представляем постоянное загрязнение как совокупность стойких химических соединений и металлов, которые выбрасываются во внешнюю среду в результате промышленной и сельскохозяйственной деятельности и которые могут влиять на здоровье человека и урожайность сельскохозяйственных культур. Мы включили в систему запаздывание между выбросом загрязнителей и наступлением последствий, поддающихся измерению, поскольку знаем, что это запаздывание действительно существует. Пестициды попадают в грунтовые воды не сразу, а через определенное время; у молекул хлорфторуглеводородов уходят годы на то, чтобы подняться до стратосферного озонового слоя и начать разрушать его; ртуть, попавшая в реку, постепенно накапливается в тканях рыб. Мы учли, что природа со временем разлагает многие загрязнители на безвредные составляющие, но также учли и то, что такая способность окружающей среды к самоочищению не безгранична и может уменьшиться из-за чрезмерного загрязнения. В модель World3 вошли сильно усредненные характеристики по стойким загрязнителям; она не различает конкретные свойства, присущие полихлорированным бифенилам (ПХБ), хлорфторуглеводородам (ХФУ), дихлордифенилтрихлорэтану (ДЦТ), тяжелым металлам или радиоактивным отходам.

В модели World3 мы использовали самые лучшие данные, какие только могли найти, но мы признаем, что многие из наших оценок имеют довольно широкие допуски. В тех случаях, когда в важных исходных данных есть сомнения, разработчики моделей просто рассматривают больший диапазон вариантов. Чтобы проверить, сильно ли влияет неточность задания статистических данных на конечные выводы, модель «прогоняют» с разными наборами исходных данных и сравнивают результат. Например, мы заложили в модель данные о невозобновимых ресурсах, которые еще не добыты, а может, еще и не разведаны — лучшие данные, которыми смогли снабдить нас геологи. Затем мы запустили модель с этими настройками, а затем еще раз со вдвое меньшим количеством ресурсов и еще раз — со вдвое большим, чтобы сравнить, насколько сильно влияет на поведение системы возможная неточность данных геологов или наша не вполне корректная интерпретация этих данных.

Из-за неточностей и упрощений, на которые мы сознательно пошли в модели (а также тех, которые, как мы подозреваем, в модели присутствуют неявно, и мы этого просто еще не знаем), мы не настаиваем на точности численных значений и оценок, которые модель выдает для численности населения, загрязнения, капитала или производства продовольствия. Мы считаем, что модель World3 правильно отображает структуру взаимосвязей

и причинно-следственных связей в мировом сообществе. Общее поведение модели определяет именно эта структура и взаимосвязи, а не конкретные численные значения. Поэтому мы уверены, что сценарии, которые генерирует модель World3, правильные. Мы представим 11 различных сценариев будущего (до 2100 г.) и мы уверены в том, что эти сценарии содержат важную информацию и позволяют понять, при каких условиях население, производство, загрязнение и связанные с ними факторы могут продолжать расти, могут стабилизироваться на определенном уровне, могут колебаться около определенного уровня, или же глобальную систему ожидает катастрофа.

Структура модели World3

Каковы основные взаимосвязи в системе? Основные контуры обратных связей относятся к численности населения и промышленному капиталу, которые мы описали в гл. 2. Эти контуры показаны на рис. 4.4. Они отражают возможность экспоненциального роста капитала и численности населения, если доминируют положительные обратные связи (рождаемость и инвестиции), и к уменьшению, если доминируют отрицательные обратные связи (смертность и амортизация). Если же контуры сбалансированы, то численность населения и капитал могут стабилизироваться.

На диаграммах обратных связей, подобных той, что показана на рис. 4.4, стрелки отображают влияние одной переменной на другую — за счет физического или информационного потока. Все наши предположения можно описать, просто идя по стрелкам в рамках контура. Напри-



Рис. 4.4. Контуры обратных связей, определяющих рост численности населения и величины капитала

мер, «С ростом промышленного капитала увеличивается производство промышленной продукции. Изменение в производстве продукции ведет к изменению объемов инвестиций. С ростом инвестиций увеличивается промышленный капитал». *Природа и степень воздействия* на нее на этих диаграммах не показаны, хотя в полной модели World3 соответствующие математические уравнения, конечно, должны быть. Направление стрелок по часовой или против часовой стрелки никакого значения не имеет. Важен смысл, заключенный в контурах обратных связей.

Основные контуры обратных связей в модели World3 описывают рост численности населения и промышленного капитала. Два контура с положительной обратной связью, включающие в себя рождаемость и инвестиции, генерируют экспоненциальный рост численности населения и капитала. Два контура с отрицательной обратной связью, включающие смертность и амортизацию (выбывание) капитала, стремятся оказать регулирующее воздействие на экспоненциальный рост. Относительная мощность различных контуров зависит от многих факторов в системе.

Прямоугольниками на схеме показаны совокупность объектов с общими свойствами. Это могут быть важные физические величины, такие как численность населения, количество заводов, загрязнение окружающей

среды. Или они могут отображать невещественные ресурсы, например, объем накопленных знаний, устремления, технологические разработки. Указанные совокупности в системе изменяются достаточно медленно, поскольку они связаны с относительно долгоживущими объектами или информацией. В каждый момент времени значение совокупности отображает итоговое влияние от всех потоков за весь изучаемый период: разность между входящими и выходящими потоками. Количество действующих заводов, численность населения, количество загрязнителей, оставшиеся запасы невозобновимых ресурсов в недрах планеты, площади обрабатываемых земель — все эти и многие другие переменные в системе World3 являются совокупностями. Они определяют ограничения и возможности модели системы в каждый рассматриваемый момент времени.

Контур обратных связей на схемах отмечены знаком «плюс» (+), если они являются положительными, усиливающими, генерирующими экспоненциальный рост или экспоненциальное уменьшение определенного параметра. Контур отмечен знаком «минус» (—), если он отрицательный, стабилизирующий, оказывающий противоположное воздействие на изменение параметра или пытающийся привести систему к равновесию.

Некоторые из взаимосвязей численности населения и капитала в модели World3 показаны на рис. 4.5. Промышленный капитал позволяет получить промышленную продукцию, которая включает в себя множество видов изделий. Часть из них направляется на вход в аграрный сектор — например, пестициды, удобрения, оросительные насосные установки и т. п. Потоки, поступающие в этот сектор, следует увеличить, если производство продуктов питания на душу населения падает ниже желаемого уровня, который отображает соотношение между рыночным спросом и нерыночными (как правило, социальными, государственными) программами, направленными на обеспечение населения продовольствием, с одной стороны, и изменениями в уровне индустриализации общества, с другой. Входные потоки, поступающие в аграрный сектор, а также площадь возделываемых земель позволяют определить количество производимого продовольствия. На производство продуктов питания влияет также уровень загрязнения окружающей среды, который, в свою очередь, определяется масштабами промышленной и сельскохозяйственной деятельности. Производство продуктов питания на душу населения и уровень загрязнения, в свою очередь, влияют на коэффициент смертности.

На рис. 4.6 показаны основные связи в модели World3 между численностью населения, промышленным капиталом, капиталом сферы обслу-

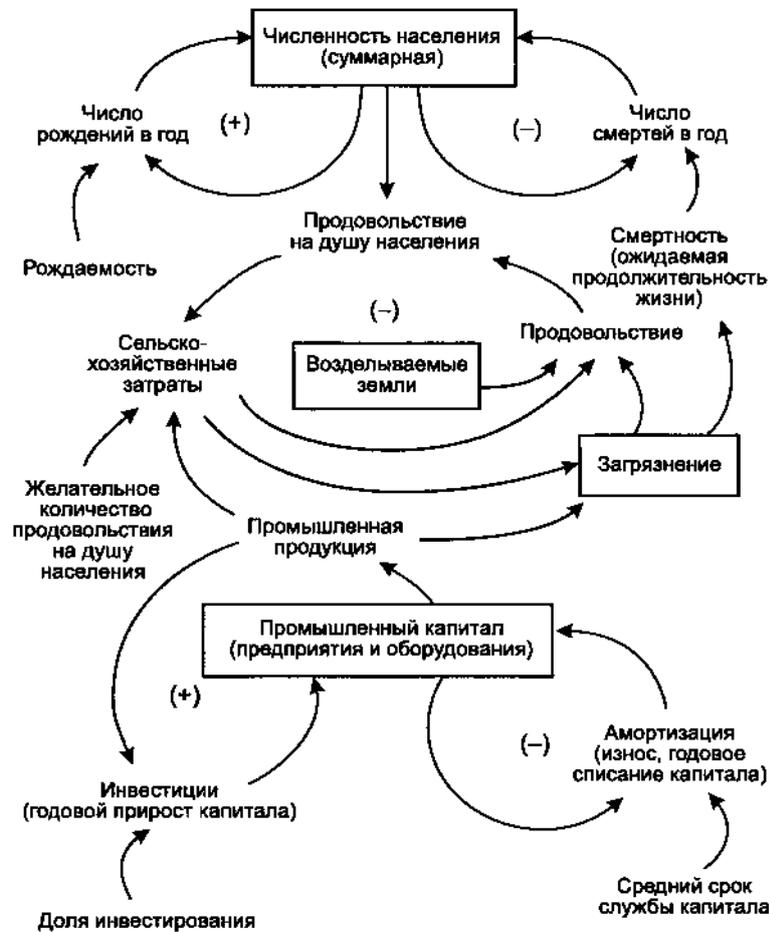


Рис. 4.5. Контуры обратных связей, определяющих численность населения, промышленный капитал, деятельность аграрного сектора и уровень загрязнения окружающей среды

Некоторые из взаимосвязей между численностью населения и промышленным капиталом проходят через сельскохозяйственный капитал, площади возделываемых земель и уровень загрязнения. Каждая стрелка отображает причинную связь, которая может быть положительной или отрицательной, иметь малый или большой срок запаздывания, в зависимости от начальных условий, заданных при каждом прогоне модели.

живания и невозобновимыми ресурсами. Часть промышленной продукции принимает форму капитала сферы обслуживания - это жилые дома, школы, больницы, банки и все, что находится внутри них. Эти средства инвестированы в сектор обслуживания, чтобы увеличить капитал этой

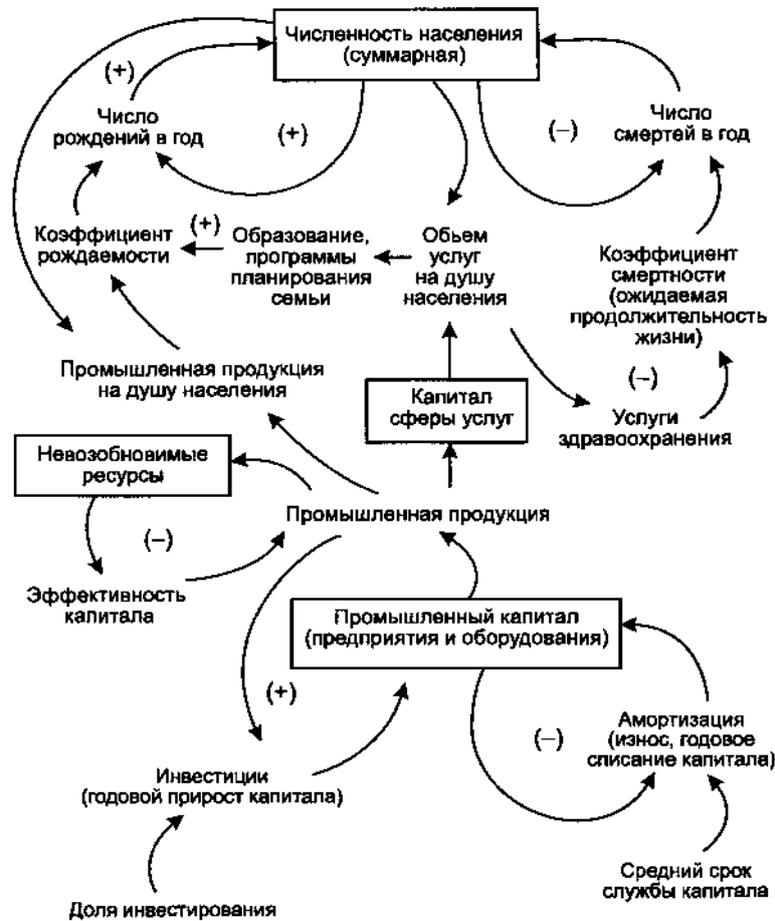


Рис. 4.6. Контуры обратных связей численности населения, промышленного капитала, капитала сферы услуг и запасов невозобновимых ресурсов. На численность населения и промышленный капитал также влияют капитал сферы услуг (здравоохранение, образование и т. п.) и запасы невозобновимых ресурсов. сфера. Продукция, производимая капиталом сферы обслуживания, — это услуги, и если разделить их на численность населения, то мы получим количество услуг на душу населения. Услуги здравоохранения позволяют уменьшить смертность населения. Образование и планирование семьи позволяют снизить рождаемость. Увеличение промышленного капитала на душу населения тоже приводит к снижению рождаемости, это эффект изменения распределения занятости, который проявляется после определенного периода запаздывания. Чем дальше продвинулась индустриализация в стране, тем дороже обществу обходится рождение и воспитание детей, и тем менее выгодными становятся многодетные семьи. Поэтому желаемый размер семьи уменьшается и рождаемость снижается.

Производство каждой единицы промышленной продукции вызывает расход невозобновимых ресурсов. Включенный в модель процесс совершенствования технологий приводит к тому, что количество ресурсов, необходимых для производства единицы промышленной продукции, постепенно уменьшается, при том что все остальные параметры остаются прежними. Однако модель не позволяет промышленности производить материальную продукцию «из воздуха», из ничего. По мере уменьшения запасов невозобновимых ресурсов эффективность капитала ресурсодобывающей отрасли падает: каждая единица капитала позволяет получить все меньше и меньше конечной продукции — невозобновимых ресурсов — для промышленного сектора. По мере расходования ресурсов качество еще не добытых ресурсов снижается. Предполагается, что самые богатые и близко расположенные месторождения люди обнаруживают и эксплуатируют первыми. Разработка остальных месторождений потребует больших затрат капитала и энергии для того, чтобы извлечь из недр, переработать и перевезти к месту потребления единицу конечной продукции — тонну меди, баррель нефти и т. п. В кратковременной перспективе с этими тенденциями можно бороться за счет усовершенствования технологий, но в долгосрочной перспективе они служат ограничением физического роста.

Зависимость между остающимися запасами ресурсов и количеством капитала, необходимого для их добычи, имеет совершенно нелинейный характер. Качественный вид кривой показан на рис. 4.7. На графике показано количество энергии, необходимой для добычи и переработки железа и алюминия при разном содержании конечного компонента в руде. Энергия — это, конечно, не сам капитал. Точное количество капитала, задействованного в добывающей отрасли, определить очень сложно. Однако количество энергии, необходимой для добычи, в достаточной степени характеризует объем капитала, который должен быть вложен в отрасль. Чем беднее руда, тем больше породы придется поднимать на поверхность в расчете на тонну конечного продукта. Руду придется измельчать, затратить больше усилий, чтобы разделить ее на составляющие, в отвал пойдет огромное количество пустой породы. На всех этапах производства требуется применение тяжелого оборудования, а ему необходима энергия. Чем больше энергии и капитала нужно ресурсодобывающей отрасли, тем меньше инвестиций останется для других отраслей экономики. Прочие же параметры остаются прежними.



Рис. 4.7. Энергия, необходимая для производства чистого металла из руды. Чем меньше содержание металла в руде, тем больше энергии необходимо для его извлечения. (Источник: N.J. Page and S.C. Creasey.)

Схема всех взаимосвязей, на которых построена модель World3, иллюстрирует все наши предположения; она приводится на компакт-диске вместе с моделью World3, где содержится гораздо более подробная информация о каждом из 11 сценариев.

Чтобы понять, как работает модель и каковы основные сценарии, совсем не обязательно детально разбираться в каждой взаимосвязи между параметрами. Важно понять суть основополагающих особенностей модели:

- Процессы роста
- Пределы
- Запаздывания
- Процессы разрушения (эрозии)

Процессы роста численности населения и капитала мы уже описали в гл. 2, в гл. 3 дали подробную информацию о пределах окружающей среды в «реальном мире». Теперь опишем пределы так, как они представлены в модель World3. А затем расскажем о запаздываниях и процессах эрозии, которые мы тоже включили в модель.

Читая эту главу, читателю стоит постоянно помнить важную вещь: какие факторы и при каких условиях делают компьютерную модель похожей или наоборот, отличной от «реального мира» с его населением и экономикой того мира, который вы знаете по собственным умозрительным моделям. Обнаружив расхождения, вы столкнетесь с теми же вопросами, которые постоянно стоят перед создателями модели. Какая из двух моделей — World3 или ваша собственная — полезнее для размышлений о бу-

дущем? Существует ли какой-нибудь тест, который позволил бы понять это? Если компьютерная модель полезнее, то какие ее особенности вы могли бы внести в собственную умозрительную модель, чтобы ваше представление о глобальных проблемах стало реалистичным, а ваши действия — эффективными?

Пределы и их отсутствие

Экспоненциально растущая экономика истощает ресурсы, образует отходы, изымает земли из производства воспроизводимых ресурсов. Все это происходит в ограниченном мире, раньше или позже расширяющаяся экономика начинает создавать напряженность. Такие условия начинают возникать задолго до того как общество столкнется с полной невозможностью дальнейшего роста. В ответ на эти нагрузки окружающая среда начинает посылать экономике предупреждающие сигналы. Такие сигналы могут принимать самые разные формы. На выкачивание воды из истощающегося водоносного горизонта уходит все больше энергии; на обработку гектара новых сельскохозяйственных угодий требуется все больше финансовых вложений; начинает проявляться вред от выбросов, которые раньше казались совершенно безвредными; природные системы Земли восстанавливаются после повреждения медленнее из-за высшей концентрации загрязнителей... Соответствующие растущие затраты совсем не обязательно сразу приводят к росту цен в денежном выражении, ведь рыночные цены можно регулировать декретами, указами, субсидиями и массой других способов. Сигналы, которые посылает нам окружающая среда (независимо от того, подкреплены они ростом цен или нет), и создающееся напряжение в системе — это важные составные элементы отрицательных обратных связей. Они направлены на то, чтобы привести экономику в соответствие с ограничениями окружающей среды, на остановку роста экологической нагрузки, которая истощает планетарные источники и переполняет планетарные стоки.

Модель World3 включает в себя несколько видов пределов, относящихся к планетарным источникам и стокам. («Реальный мир» содержит их намного больше.) Все эти пределы в модели можно повысить или понизить за счет технологий, воздействий, изменения целей и настроек. Например, в стандартной настройке модели World3 (настройке по умолчанию) существуют следующие пределы по источникам и стокам.

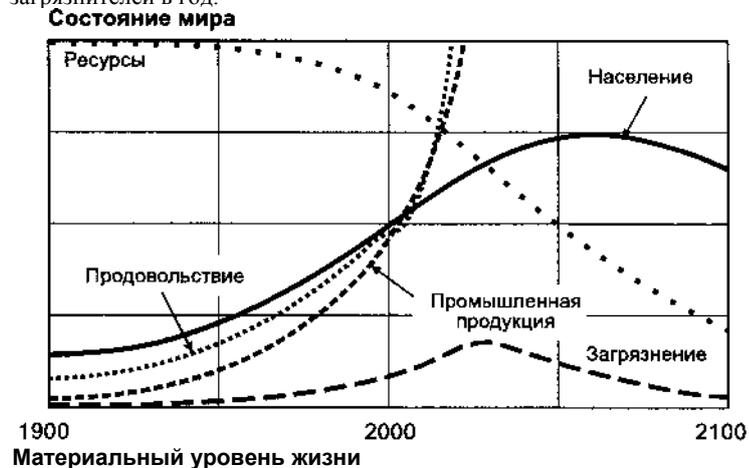
- **Возделываемые земли** — территории, используемые для ведения сельского хозяйства всех типов. Мы предполагаем, что максимальное значение площадей — 3,2 млрд га. Возделываемые земли расширяются в результате инвестиций в обработку земли, ранее не имевшей сельскохозяйственного значения. Как показано на рис. 4.2, стоимость обработки новых земель постоянно растет, так как первыми возделывались самые плодородные и удобно расположенные территории. Земли выходят из сельскохозяйственного использования вследствие эрозии, а также в результате процессов урбанизации и индустриализации. Эрозию можно уменьшить посредством инвестиций и правильного землепользования.

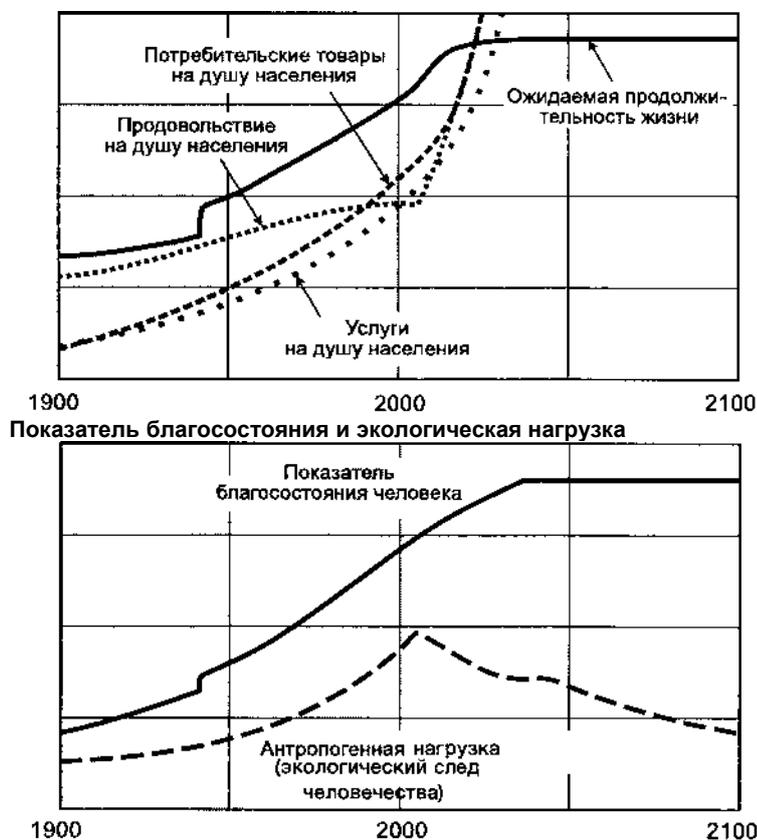
- **Продуктивность земель** — это присущая почвам способность поддерживать рост растительности, сочетание таких факторов, как питательные вещества, мощность почвенного слоя, содержание влаги, климатические условия и структура почвы. Мы предполагаем, что начальный уровень продуктивности, соответствующий 1900 г., был вполне достаточен для производства 600 кг зерновых (зернового эквивалента) с гектара, при этом удобрения не использовались. Продуктивность земель уменьшается вследствие загрязнения, которое, в свою очередь, является результатом использования в сельском хозяйстве промышленных методов. Предполагается, что заброшенная деградировавшая земля за 20 лет восстановит свое плодородие наполовину. Этот процесс можно значительно ускорить, если вкладывать в восстановление земель деньги (вносить органические удобрения, компост, выращивать на землях бобовые растения и т. д.).
- **Урожайность, достижимая с единицы площади**, зависит от продуктивности земли, загрязнения воздуха, интенсивности промышленных технологий (например, химических удобрений) и уровня их развития. Промышленные технологии позволяют увеличить урожайность, но в постоянно уменьшающейся пропорции — каждый следующий килограмм химических удобрений дает меньший прирост урожайности, чем предыдущий. В качестве начальных условий мы предполагаем, что использование промышленных технологий увеличивает природную продуктивность земли в 7,4 раза (заметьте, 740%, и это относится ко всем землям, а не только к наиболее продуктивным). С неопределенностью этой величины мы сможем справиться, увеличив ее еще больше.
- **Невозобновимые ресурсы** включают в себя минеральные виды сырья, металлы и ископаемое топливо. Обычно мы начинаем расчеты модели с 1900 г., предполагая, что запасы ресурсов более чем в 7000 раз превышают объем их годового потребления в том же 1900 г.⁷. Инвестиции, необходимые для поиска и разработки новых месторождений невозобновимых ресурсов, должны увеличиваться по мере того как самые богатые и наиболее удобные месторождения истощаются.
- **Способность Земли поглощать и разлагать загрязнения** — другой предел, представленный в модели World3. Он отображает совокупный эффект от множества процессов, которые разлагают или преобразуют стойкие токсичные соединения в безвредные вещества. Здесь представляют сложность хлорсодержащие органические соединения, парниковые газы и радиоактивные отходы. Мы выразили предел как период полураспада загрязнений - время, необходимое для того, чтобы естественные процессы справились с половиной загрязнений и разложили их на безвредные составляющие. Разумеется, некоторые токсичные вещества, например, изотопы плутония, имеют почти неопределенный период полураспада. Но мы решили использовать в модели оптимистичные цифры. Мы предположили, что в 1970 г. период полураспада загрязнений составлял один год. Если загрязнение за счет стойких соединений усиливается в 250 раз относительно уровня 1970 г., то период полураспада возрастает до 10 лет. В количественном отношении этот предел изучен меньше всего, даже если каждый загрязнитель рассматривать изолированно. Имеет место огромная неопределенность в отношении этого предела при советании устойчивых загрязнителей.

К счастью, наши предположения насчет исчезновения стойких загрязнителей имеют не такое уж большое значение в модели, поскольку они не очень сильно влияют на другие части модели World3. Мы предположили, что если накопление загрязнений достигает уровня, в 5 раз превышающего уровень 2000 г., то это уменьшит ожидаемую продолжительность жизни людей меньше чем на 2%. В наших 11 сценариях концентрация стойких загрязнителей редко превышает уровень 2000 г. в 5 раз. Если же такое превышение все-таки имеет место (это экстремальные сценарии), то такая концентрация приводит к снижению продуктивности каждый год на 10% или больше. Однако с таким снижением можно справиться за счет инвестиций в восстановление и улучшение земель. Мы проверили и другие оценки, чтобы выяснить, насколько они влияют на поведение модели.

В «реальном мире» существует множество других пределов, включая социальные и административные. Некоторые из них неявно введены в модели World3, поскольку основные параметры модели взяты из «реальной» истории за прошедшие 100 лет. Однако в модели World3 нет войн, нет забастовок, нет коррупции, нет наркомании, нет преступности, нет терроризма. .. Смоделированное население делает все, что может, для решения проблем, без оглядки на политическую борьбу, этническую нетерпимость или коррупцию. Поскольку в модели нет многих социальных пределов, она рисует в целом очень оптимистичную картину нашего будущего.

Рис. 4.8. Сценарий 0. Бесконечность на входе, бесконечность на выходе. Если из системы удалить все физические пределы, то численность населения достигает 9 млрд чел. и начинает постепенно уменьшаться в результате демографического перехода. Экономика к 2080 г. достигает уровня производства, в 30 раз превышающего показателя 2000 г., при этом ежегодно используются такие же количества невозобновимых ресурсов и образуется в 8 раз меньше загрязнителей в год.





Что, если мы ошибаемся, например, насчет запасов невозобновимых ресурсов, которые пока остаются неоткрытыми в недрах нашей планеты? Что, если заложенные в модель цифры вдвое меньше «реальных» количеств, или вдвое больше, или в 10 раз больше? Что если «реальная» способность Земли поглощать загрязнения без вреда для населения не в 10 раз превышает объемы выбросов 1990 г., а в 50 раз? Или в 500 раз? Или наоборот, если она в два раза меньше? Что, если будут разработаны технологии, которые уменьшат (или увеличат) выбросы загрязнителей на единицу промышленной продукции?

Компьютерная модель — как раз тот инструмент, который позволяет отвечать на подобные вопросы. Ее можно использовать для проведения экспериментов быстро и дешево. Все эти «Что, если?» можно проверить. Например, можно задать пределы модели World3 астрономически высокими или запрограммировать их на экспоненциальный рост. Мы это попробовали. Если из системы удалить все физические пределы, предполагая, что возможности технологий ничем не ограничены, что

применить их можно мгновенно, без затрат и без ошибок, то моделируемая экономика набирает колоссальные обороты. На рис. 4.8 в Сценарии 0 показано, что при этом происходит.

Как интерпретировать сценарии модели World3

В главах 4, 6 и 7 этой книги мы рассматриваем 11 различных результатов «машинных прогонов», или сценариев World3. Каждый прогон использует одну и ту же структуру модели World3, однако некоторые численные параметры изменяются, чтобы таким путем проверить различные оценки состояния «реального мира», включить более оптимистичные прогнозы развития новых технологий или посмотреть, что получится, если мир будет следовать той или иной политике, придерживаться тех или иных этических принципов или целей.

Когда мы вносим в начальные условия изменения и выполняем новый прогон, модель World3 заново просчитывает уравнения (их больше двухсот), которые связывают параметры уравнений между собой. Новое значение для каждой переменной рассчитывается для каждого шести месяцев в период с 1900 по 2100 гг. Таким образом, для каждого сценария модель выдает более 80 тысяч численных значений. Приводить всю информацию в книге нет смысла, да и интерпретировать отдельно взятые значения затруднительно. Чтобы результаты было легче понять (и авторам, и читателям), мы приводим их в очень упрощенной форме.

Упрощение результатов подразумевает, что на график мы выносим несколько ключевых переменных, например, численность населения, уровень загрязнения, природные ресурсы. Для каждого сценария в книге приводится по три упрощенных графика, их формат одинаков для всех сценариев. График, расположенный сверху, называется «Состояние мира», на нем выводятся глобальные значения для следующих переменных:

1. Численность населения
2. Производство продовольствия
3. Промышленная продукция
4. Относительный уровень загрязнения
5. Оставшиеся запасы невозобновимых ресурсов

На среднем графике, который называется «Материальный уровень жизни», выводятся графики по следующим переменным:

6. Производство продовольствия на душу населения
7. Услуги на душу населения
8. Средняя ожидаемая продолжительность жизни
- ^ Потребительские товары на душу населения

На нижнем графике, который называется «Показатель благосостояния и экологическая нагрузка», выводятся мировые значения двух показателей:

10. Антропогенная нагрузка (экологический след человечества)
11. Показатель благосостояния человека

Все вертикальные оси отсчитываются от нулевой точки. Чтобы было проще сравнивать разные сценарии, масштаб осей для всех прогонов модели принят одинаковым. Но конкретные численные значения на

вертикальной оси не указываются, поскольку точные значения переменных в каждый отдельный момент времени малоинформативны. К тому же разные переменные имеют разные масштабы и единицы измерения. Например, шкала для продовольствия на душу населения имеет диапазон от 0 до 1000 кг зернового эквивалента на человека в год, в то время как шкала ожидаемой продолжительности жизни — от 0 до 90 лет.

Поскольку точное численное выражение переменных не имеет особого значения, следует сосредоточиться на качественном виде (форме) кривых и на их различиях в разных сценариях. Тем не менее, важно помнить, что в сценариях, описывающих катастрофу, мы не можем точно описать, что произойдет после наступления кризиса, — этого никто не сможет предсказать. Каждый сценарий рассчитывается до 2100 г., но все, что происходит после резкого уменьшения (спада) какого-либо параметра модели, сколько-нибудь точно описать невозможно. Дело в том, что любой серьезный кризис в «реальном мире» сразу же приведет к тому, что многие важные допущения, на основе которых мы построили модель, станут несостоятельными.

При каждом прогоне модели компьютер создает подробную таблицу данных, в которой каждой переменной присваивается отдельное значение для каждых 6 мес. расчетного периода (с 1900 по 2100 гг.). Эти таблицы содержат огромные массивы очень детальных данных. Так, в таблице для Сценария 0 численность населения мира достигает максимального значения в 8 876 186 000 человек в расчетном году 2065,0. Показатель загрязнения стойкими соединениями в этом сценарии возрастает с 3,150530 в 2000 г. до максимального значения 6,830552 в расчетном году 2025,5, то есть за расчетный период показатель возрастает в 2,1680 раза. Но особого смысла в этих численных значениях нет, и никакие данные или параметры, рассчитываемые моделью World3, не требуют точности до пятого знака после запятой. Помните: нас интересуют общие тенденции. Нам важны несколько ключевых переменных, и мы задаем всего несколько ключевых вопросов. Какая из переменных перестанет расти в текущем столетии? Насколько быстро они будут расти или уменьшаться? Каковы основные причины такого поведения? Влияют ли допущения, принятые в сценарии, на скорость изменения переменной, достигает ли она большего либо меньшего значения? Какое изменение политики приведет к более благоприятному для людей результату?

Рассматривая сценарий за сценарием, мы дадим вам ответы на эти вопросы. Упрощая результаты компьютерных расчетов, мы следовали двум правилам. Временной период, в течение которого достигается максимум или минимум по какой-либо переменной, мы округляем до ближайшего десятилетия (от 5,0 округление идет в большую сторону до 10,0). Например, расчетные годы 2016,2032,5 или 2035 будут округлены соответственно до 2020,2030 и 2040. Каждое значение отдельного параметра или отношение между двумя численными значениями будет выражаться с точностью только до ближайшей значащей цифры. Используя эти правила, результаты Сценария 0 мы должны представить

так: «Численность населения мира достигнет максимального значения в 9 млрд чел. к 2070 расчетному году. Показатель стойкого загрязнения в этом сценарии увеличивается с трех в 2000 г. до семи (максимум) в 2030 расчетном году, возрастая за этот период более чем вдвое». Иногда такие правила упрощения будут давать несколько неточные результаты, но не обращайтесь на это внимания. Это просто допуски округления. Они никак не влияют на основных выводы, вытекающие из модели.

Компьютерный расчет Сценария 0, показанный на рис. 4.8, был выполнен моделью World3 после того, как мы изменили численные значения, исходя из следующих допущений.

- Количество невозобновимых ресурсов, необходимое для производства единицы промышленной продукции, экспоненциально снижается на 5% в год без ограничения, и каждые 15 лет уменьшается на 50%, поскольку общество стремится к увеличению эффективности использования ресурсов.
- Количество загрязнений на единицу промышленной продукции экспоненциально снижается на 5% в год без ограничения.
- Урожайность сельскохозяйственных культур на единицу промышленной продукции, направленной в аграрный сектор, возрастает по экспоненте без ограничения на 5% в год, удваиваясь каждые 15 лет, поскольку общество стремится к увеличению производства продовольствия.
- Все рассматриваемые технические достижения одинаково эффективны на всем земном шаре, без дополнительных вложений капитала, а запаздывание внедрения составляет всего 2 года (в первоначальной модели было 20 лет), если общество приняло такие технологии.
- Площади под застройку изымаются из сельскохозяйственного оборота со скоростью, в четыре раза меньшей, чем обычно предполагается в модели World3, и перенаселенность не оказывает на продолжительность жизни людей никакого негативного влияния.
- На производство сельскохозяйственной продукции загрязнение не оказывает сколько-нибудь значительного влияния.

В таких расчетах численность населения растет все медленнее, достигает значения около 9 млрд чел., а затем постепенно снижается, поскольку все население мира становится достаточно богатым для того, чтобы повсеместно произошел демографический переход. Средняя ожидаемая продолжительность жизни стабилизируется на уровне 80 лет по всему земному шару. Средняя урожайность сельскохозяйственных культур к 2080 г. возрастает примерно в шесть раз относительно уровня 2000 г. Кривая увеличения промышленной продукции растет так сильно, что выходит за пределы рисунка по вертикали. В конце концов рост останавливается, но на очень высоком уровне, и причина тому — огромный дефицит рабочей силы, поскольку промышленный капитал увеличился в 40 раз в сравнении с 2000 г., для управления им необходимы людские ресурсы, а население между тем выросло всего в 1,5 раза. (В принципе, этот предел теоретически можно исключить, предположив, что способность малого количества людей управлять огромным капиталом тоже растет экспоненциально.)

К расчетному 2080 г. мировая экономика производит в 30 раз больше промышленной продукции и в 6 раз больше продовольствия, чем было произведено в 2000 г. Чтобы добиться этих результатов, за первые 80 лет XXI в. был накоплен промышленный капитал, в 40 раз превышающий промышленный капитал за весь XX в. По ходу такого нарастания капитала, как показано на рис. 4.8, происходит постепенное незначительное уменьшение использования невозобновимых ресурсов, а количество выбросов уменьшается в сравнении с 2000 г. в 8 раз. Уровень благосостояния людей возрастает с 2000 г. к 2080 г. на 25%, а экологическая нагрузка снижается на 40%. В конце расчетного периода, в 2100 г., нагрузка на окружающую среду оказывается заметно ниже устойчивого уровня.

Некоторые люди верят, что такой сценарий возможен; они ожидают, что именно так и будет, а пока проявляют беспечность. Нам известны случаи значительного увеличения эффективности в отдельно взятых странах, в отдельных секторах экономики, в отдельных промышленных процессах. Многие из таких примеров мы привели в гл. 3. Мы надеемся и уверены, что дальнейший рост эффективности вполне возможен, включая даже стократное увеличение. Однако данные, представленные в гл. 3, показывают, что в масштабах всей мировой экономики такие улучшения быстро не происходят. Даже если бы никакие факторы не препятствовали наступлению столь быстрых изменений, сыграл бы свою роль срок службы капитала — время, через которое необходимо заменять или модифицировать парк машин, обновлять здания и оборудование, обслуживающее глобальную экономику. А еще проявилась бы ограниченная способность существующего капитала производить настолько больше дополнительного капитала: такой сценарий «дематериализации» нам представляется нереальным. Политические и бюрократические ограничения при осуществлении такого «неограниченного» сценария, столь свойственные «реальной жизни», умножают трудности, препятствуя тому, чтобы рыночная система ценовыми методами сигнализировала о необходимости роста экономической эффективности технологий.

Мы приводим этот сценарий в книге не потому, что рассматриваем его как один из возможных или вероятных вариантов будущего в «реальном мире», а поскольку, по нашему мнению, он хорошо иллюстрирует особенности модели World3 и компьютерного моделирования.

Он позволяет понять, что в модель World3 встроены определенные внутренние ограничения по численности населения и по капиталу. Структура модели такова, что раньше или позже численность населения планеты достигнет максимума и начнет уменьшаться, если промышленная продукция на душу населения достигает достаточно высоких значений. В «реальном мире» мы не видим никаких предпосылок к тому, чтобы богатейшие люди или страны потеряли интерес к тому, чтобы стать еще богаче. Поэтому встроенные в модель стратегии основаны на

предположении о том, что владельцы капитала продолжают неограниченное стремление получать прибыли и что потребители всегда будут стремиться увеличить потребление. Эти предположения, кстати, можно изменить», что будет выполнено в сценариях в гл. 7.

На рис. 4.8 также отражен один из самых известных принципов моделирования — GIGO (Garbage In, Garbage Out) — «Если мусор на входе, то мусор на выходе». Если в модель введены нереалистичные допущения, то и получатся неправдоподобные результаты. Компьютер может выдать вам логические выводы из сделанных вами допущений, однако он не в состоянии оценить правдоподобие самих допущений. Если в модель введено предположение, что промышленный капитал может вырасти в 40 раз, что физические пределы больше не имеют значения, что технические новшества можно внедрить на промышленные предприятия уже через 2 года после разработки и без затрат, то World 3 выдаст на выходе практически неограниченный экономический рост при снижающейся экологической нагрузке. Важный вопрос при использовании такой и любой другой модели: правдоподобны ли исходные допущения?

Мы не считаем правдоподобными допущения, на которых основан рис. 4.8. Мы полагаем, что этот сценарий утопичен, на практике нереализуем. Поэтому мы назвали его «Сценарий двух НЕ» — Неограниченный вход, Неограниченный выход. Если же задать модели более реалистичные допущения, то модель начинает выдавать поведение растущей системы в условиях действия физических пределов.

Пределы и запаздывания

Раст физического объекта по мере приближения к пределу замедлится, а затем остановится (S-образная, логистическая кривая) только в том случае, если объект получит точные и своевременные сигналы о своем местоположении по отношению к этим пределам, и если его реакция на эти сигналы будет быстрой и точной (рис. 4.9, Б).

Представьте себе, что вы ведете машину и светофор впереди переключается на красный. В обычных условиях вы можете плавно затормозить и остановиться перед светофором, поскольку вовремя получили точный визуальный сигнал — красный свет; поскольку ваш мозг быстро на это отреагировал, приказав ноге нажать на тормоз; и поскольку машина немедленно отзывается на это нажатие, а вы из своего опыта знаете, насколько быстро она сможет остановиться, и регулируете нажатие на педаль тормоза.

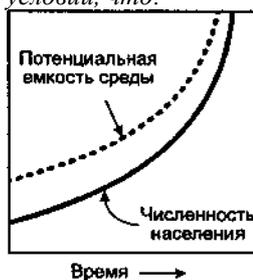
Если же часть ветрового стекла со стороны водителя запотела, и вы вынуждены спрашивать своего пассажира о том, какой горит свет, то задержка с получением ответа (даже короткая) может привести к тому, что вы проскочите на красный — или же вы заранее должны сбросить скорость, компенсируя этим возможную задержку. Если же пассажир сказал неправду, или вы решили, что ослышались, или если тормоза работают

только через пару минут, или если на дороге гололедица, то остановиться вы сможете только через несколько сотен метров. К этому моменту, возможно, вы не только проскочите несколько красных светофоров, но и угодите в аварию.

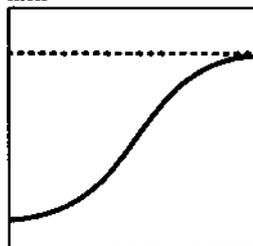
Если сигналы обратной связи запаздывают или искажаются, если им не верят или отрицают их существование, если в ответных действиях системы есть ошибка или система в состоянии ответить только после большого запаздывания, то она не сможет войти в допустимые пределы и прийти к равновесному состоянию. Если имеет место хотя бы одно из перечисленных условий, то система отреагирует слишком поздно и выйдет за пределы (рис. 4.9, *c* и *d*).

Мы уже описали некоторые виды задержек, связанных с поступлением информации и принятием ответных действий в World 3. Один из примеров — запаздывание между моментом, когда загрязнитель попадает в биосферу, и моментом, когда становится заметен наносимый им вред здоровью человека или производству продовольствия. Так, между моментом выброса в приземный слой атмосферы молекулы хлорфторуглеводорода и моментом, когда она начнет разрушать стратосферный озоновый слой, проходит 10—15 лет. Также важны и политические задержки. Часто между обнаружением проблемы, ее признанием и принятием общих мер проходят годы. Такие запаздывания мы рассматриваем в следующей главе.

a) Непрерывный рост возможен при условии, что:



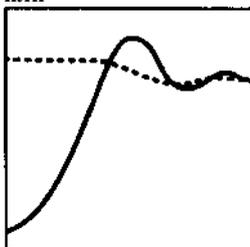
- физические пределы еще очень далеки или



- физические пределы сами демонстрируют экспоненциальный рост.

Б) S-образный рост (логистическая кривая) возможен при условии, что:

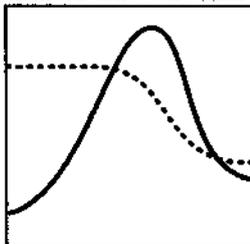
- сигналы экономике от физических пределов поступают оперативно, точно, и на них поступает своевременный отклик, или



- численность населения и экономика сознательно ограничивают себя сами, не нуждаясь для этого в сигналах извне.

с) Выход за пределы и колебания возможны при условии, что:

- сигналам или откликам на них свойственно запаздывание или



- пределы не подвержены разрушению или способны быстро восстанавливаться.

d) Выход за пределы и последующая катастрофа наступают при условии, что:

- сигналам или откликам на них свойственно запаздывание или
- пределы подвержены разрушению (и в определенный момент разрушение становится необратимым).

Рис. 4.9. Структурные причины четырех возможных типов поведения в модели World3

Еще одна иллюстрация к важности запаздываний — история с утечкой в окружающую среду полихлорбифенилов (ПХБ). С 1929 г. промышленность произвела около 2 млн т маслянистой, устойчивой, негорючей жидкости — ПХБ⁸. Их использовали в основном для рассеивания тепла в электрических конденсаторах и трансформаторах, но также и в качестве рабочей жидкости в гидравлических системах, в качестве смазочного материала, огнезащитного вещества и компонента пестицидов, красок,

лаков, чернил и копировальной бумаги без пачкающего слоя. За 40 лет использования ПХБ попали на свалки, в зоны вдоль дорог, в канализацию, грунтовые воды и поверхностные водоемы, ведь тогда о возможных последствиях для окружающей среды никто не думал. В 1966 г., когда проводилось знаменитое исследование содержания ДЦТ в окружающей среде, датский исследователь Сорен Дженсен (Soren Jensen) сообщил, что, кроме ДЦТ, повсеместно были обнаружены и другие токсичные вещества - ПХБ⁹. Затем другие исследователи подтвердили, что ПХБ обнаруживаются практически в любой экосистеме земного шара.

ПХБ можно встретить практически в любом элементе глобальной экосистемы. В атмосферу ПХБ попадают в основном из гидросферы... Отложения ПХБ были обнаружены в реках, озерах, океанических зонах... Детальное исследование экосистемы Великих озер показало, что ПХБ накапливаются в тканях живых организмов и передаются по пищевым цепям.
Природа Канады (Environment Canada), 1991

ДЦТ и ПХБ — единственные хлорорганические соединения, систематически обнаруживаемые в тканях арктических морских млекопитающих... Содержание ПХБ в грудном молоке эскимосских женщин — одно из самых высоких зарегистрированных значений... Потребление большого количества рыбы и мяса морских животных, вероятно, основная причина накопления ПХБ в тканях человека... Эти результаты показывают, что такие токсичные соединения, как ПХБ, могут существенно влиять на снижение иммунитета и распространение инфекционных заболеваний среди эскимосских детей.
Е. Девайли (E. Dewailly), 1989

[В Ваддензее, местечке на побережье Нидерландов], репродуктивная способность тюленей, получающих пищу с высоким содержанием [ПХБ], существенно снизилась..., [это показывает, что] общее падение поголовья тюленей связано с потреблением рыбы из загрязненных районов... Эти исследования подкрепляют результаты экспериментов на норках, воспроизводство которых также снижалось из-за содержания ПХБ.
П. Дж. Х. Рейндерс (P. J. H. Reijnders), 1986

Растворимость большинства ПХБ в воде низка, но в жирах эти соединения растворяются хорошо, вследствие чего время их жизни в окружающей среде очень велико. Они быстро перемещаются в атмосфере, медленно — в почвенной среде и донных отложениях ручьев, рек и озер, пока не попадут внутрь какого-нибудь живого организма. Там они накапливаются в его тканях, и по мере перемещения по пищевым цепям концентрация только увеличивается. ПХБ обнаруживаются в наибольших концентрациях в тканях хищных рыб, морских птиц и млекопитающих, в жировых тканях человека и в женском грудном молоке.

Информация о влиянии ПХБ на здоровье человека и других животных поступает очень медленно. Выяснить их воздействие достаточно сложно, поскольку под общим названием ПХБ скрывается 209 соединений, относящихся к одному семейству, но эффекты они могут давать разные. Тем не менее, уже установлено, что некоторые ПХБ нарушают обмен веществ. Они имитируют действие одних гормонов, например, эстрогена, и

блокируют действие других, например, гормонов щитовидной железы. В результате сигналы, управляющие обменом веществ, искажаются и поведение системы меняется. От этого страдают все живые организмы, обладающие эндокринной системой — птицы, киты, полярные медведи, люди. Даже в маленьких концентрациях соединения, нарушающие обмен веществ, способны вызвать в организме настоящий хаос, и это особенно опасно для развития эмбрионов. Зарождающаяся жизнь может вообще погибнуть, или растущему организму будет нанесен вред — могут быть затронуты нервная система, интеллект, половые функции.¹⁰

Поскольку ПХБ перемещаются медленно, являются стойкими соединениями и накапливаются в верхних звеньях пищевых цепей, их называют «биологической бомбой замедленного действия». Хотя с семидесятых годов производство и использование ПХБ запрещено во многих странах,¹¹ тем не менее, в мире остается много этих соединений. Из общего количества когда-либо произведенных ПХБ большая часть все еще используется или хранится на заброшенных электроподстанциях. В странах со строгим природоохранным законодательством большие количества старых бифенилов помещают в захоронения или утилизируют с помощью сжигания в особых условиях, при которых разрушается молекулярная структура соединения и оно перестает быть опасным. В 1989 г. была проведена оценка, которая показала, что примерно 30% суммарного количества произведенных бифенилов уже попало в окружающую среду. Только 1% достиг океанской среды. Остальные 29% распределились по почве, рекам, озерам, откуда они смогут перемещаться в ткани живых организмов спустя десятилетия¹².

На рис. 4.10 приведен еще один пример запаздывания при загрязнении окружающей среды — медленное проникновение химикатов в грунтовые воды через почву. В период с 1960 по 1990 гг., когда использование 1,2-дихлорпропена было окончательно запрещено, это дезинфицирующее вещество для обработки почвы широко применялось в Нидерландах

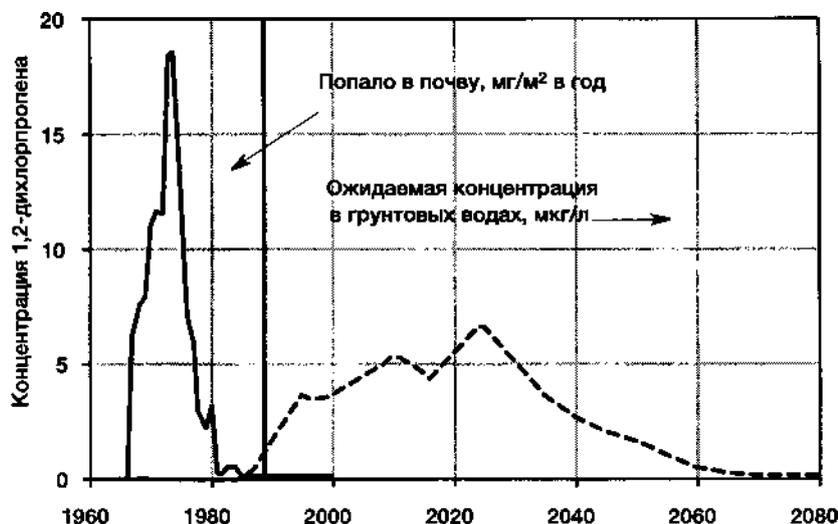


Рис. 4.10. Медленное проникновение 1,2-дихлорпропена в грунтовые воды. Дезинфицирующий химикат для обработки почв дихлорпропеном широко применялся в Нидерландах в семидесятые годы, пока его использование не было ограничено, а затем окончательно запрещено в 1990 г. В результате концентрация дихлорпропена в верхних слоях почвы сельскохозяйственных угодий резко уменьшилась. Расчеты, проведенные в 1991 г., показывают, что концентрация этого соединения в грунтовых водах достигнет максимума не раньше 2020 г. и что в воде даже во второй половине XXI в. будут присутствовать существенные количества этого химиката. (Источник: N.L. van der Noot.)

при выращивании картофеля и луковиц цветов. Оно содержит примесь 1,2-дихлорпропан, который, как теперь уже знают ученые, в грунтовых водах имеет практически бесконечный срок жизни. Для водосборного бассейна одного из водоемов был проведен оценочный расчет, который показал, что 1,2-дихлорпропан, уже находящийся в почве, проникнет в грунтовые воды и накопится в ощутимой концентрации уже после 2010 г. В дальнейшем загрязнитель будет находиться в грунтовых водах по меньшей мере в течение столетия, причём максимальная концентрация в 50 раз превысит ПДК по стандартам для питьевой воды, принятым в Европейском союзе.

Эта проблема затронула не только Нидерланды. В США сельскохозяйственное использование дихлорпропена было запрещено в 1977 г. И до сих пор специалисты, работающие по программе контроля использования пестицидов в штате Вашингтон (Washington State Pesticide Monitoring Program), обнаруживают это соединение в концентрациях, опасных для здоровья человека. Мониторинг фунтовых вод охватил 243 области в 11 регионах, где проводилось исследование в период 1988-1995 гг.¹³

Запаздывания в различных фрагментах модели World3 могут быть также следствием возрастной структуры населения. В стране, где еще недавно коэффициент рождаемости был очень высок, население состоит в

основном из молодых людей — их гораздо больше, чем представителей старших поколений. Поэтому даже если рождаемость существенно снизится, численность населения будет продолжать расти еще несколько десятилетий, по мере того, как молодежь достигнет детородного возраста и выйдет из него. Хотя число детей в одной семье меньше, число семей растет. Из-за такой демографической инерции, даже если к 2010 г. во всем мире рождаемость снизится до уровня простого воспроизводства (чуть больше 2 детей на среднестатистическую семью), численность населения будет расти до 2060 г. и стабилизируется на уровне 8 млрд чел.

В «реальном мире» существует еще множество других запаздываний. Запасы невозобновимых ресурсов могут расходоваться на протяжении поколений, пока их истощение не приведет к серьезным экономическим последствиям. Промышленный капитал создается не за один день. Однажды запущенный в работу, он находится в обороте десятилетиями. Нефтеперерабатывающий завод невозможно легко или быстро перепрофилировать, например, в завод по сборке тракторов или в больницу. Масса времени уходит на то, чтобы превратить его в более эффективное и менее вредное для окружающей среды предприятие.

В модели World3 в контурах обратной связи заложено много запаздываний, включая все уже перечисленные. Мы считаем, что между выбросом загрязнителя в среду и моментом, когда это начинает сказываться, проходит определенное время. Мы полагаем, что населению на изменение традиционного желаемого размера семьи нужно не меньше поколения после того, как снижается детская смертность. В модели World3 потребуются не меньше нескольких десятилетий на перераспределение инвестиций и развертывание новых производственных мощностей в ответ на нехватку продовольствия и услуг. Время нужно на все, в том числе и на восстановление продуктивности почвы, и на разложение загрязнений в окружающей среде.

Простых и непреодолимых физических запаздываний вполне достаточно для того, чтобы исключить плавный S-образный переход мировой экономической системы. Поскольку в системе сигналы от природных пределов запаздывают, выход за пределы становится неизбежным, если только не начнут работать внутренние ограничители. Но такой выход за пределы может привести к затухающим колебаниям или к катастрофе.

Выход за пределы и колебания

Если предупреждающие сигналы растущему объекту от пределов поступают с запаздыванием или запаздывает отклик на них, если окружающая среда при выходе за пределы не претерпевает значительных разрушений, то растущий объект на некоторое время выйдет за пределы, затем его поведение изменится, объект впишется в пределы, затем снова выйдет за пределы и т. д. Колебания будут затухать, пока состояние не станет равновесным на допустимом уровне (рис. 4.9, с).

Выход за пределы и последующие колебания возможны только в том случае, если окружающая среда не подвержена большому разрушению в период выхода за пределы или способна быстро восстанавливаться за время до следующего выхода за пределы.

Возобновимые ресурсы, например, леса, почвы, рыба, пополняющиеся водоносные горизонты, могут быть разрушены, однако обладают и способностями самовосстановления. После периода чрезмерного использования, если, конечно, оно не подорвало ресурсы полностью, в почвах постепенно восстанавливается содержание питательных веществ, в водоносных горизонтах снова накапливается вода и т. д. - ресурсы постепенно воспроизводятся. Через определенное время, если есть почва, семена и подходящий климат, даже лес может появиться снова. Популяция рыбы может восстановиться, если не разрушен ее ареал обитания и не подорвана пищевая база. Почвы тоже можно восстановить, особенно если фермеры приложат к этому целенаправленные усилия. Концентрация многих видов загрязнений в среде уменьшится, если естественные природные механизмы самоочищения не были нарушены необратимо.

Получается, что выход за пределы и колебания - вполне реальная возможность для мировой системы. Подобные примеры уже бывали с определенными видами ресурсов в локальном масштабе. В Новой Англии, например, отмечены несколько случаев строительства новых лесопильных фабрик, поскольку устойчивое лесопользование в регионе позволяло загрузить их мощности. Когда фабрики начинали работу, запасы строевого леса быстро истощались и лесопилки приходилось закрывать. Лесная промышленность выжидала несколько десятилетий, пока лес вырастал снова, и тогда снова начиналось строительство новых лесопильных фабрик. Прибрежное рыболовство в Норвегии прошло, как минимум, через один цикл истощения рыбных ресурсов: правительство выкупало рыболовецкие суда и пускало их на металлолом, пока популяция рыбы не восстанавливалась настолько, что можно было снова начать ловлю.

Период снижения после выхода за пределы и постоянные колебания — это не очень-то приятные явления для тех, кого они касаются. Для отраслей промышленности, зависящих от истощившегося ресурса, наступают нелегкие времена, да и население может испытывать проблемы со здоровьем из-за высокого уровня загрязнения. Конечно, колебаний лучше избегать. Но, в конечном счете, они не всегда смертельны для системы в целом.

Выход за пределы может привести к катастрофе, если разрушения необратимы. Никто не сможет вернуть исчезнувшие виды животных и растений. Ископаемые виды топлива расходуются безвозвратно. Некоторые загрязнители, например, радиоактивные вещества, нельзя превратить в безопасные никаким способом. Если климат изменится значительно, то распределение температур и осадков уже никогда не вернется к прежнему

за обозримые периоды времени — об этом свидетельствуют геологические данные. Даже возобновимые ресурсы и способность среды разлагать загрязнения можно полностью разрушить, если долгое время чрезмерно эксплуатировать их. Когда тропические леса сводят способами, исключая самовосстановление экосистем, когда в пресные источники воды проникает соленая морская вода, когда почвы выносятся водой так, что на их месте оголяется скальная порода, когда кислотность почвы меняется настолько, что из нее вымываются тяжелые металлы, тогда самоподдерживающаяся потенциальная емкость планеты уменьшается необратимо. Или, по крайней мере, необратимо в сравнении с продолжительностью жизни людей.

Таким образом, выход за пределы и колебания — это не единственная перспектива, с которой может столкнуться человечество при достижении пределов роста. Существует еще опасность.

Выход за пределы и катастрофа

Если сигнал от предельного состояния или отклик на него запаздывают, и если окружающая среда при выходе за пределы разрушается необратимо, то растущая экономика выйдет за пределы устойчивого равновесия, ресурсная база будет подорвана, и наступит катастрофа (рис. 4.9, d).

Из-за выхода за пределы и последующей катастрофы состояние окружающей среды ухудшится необратимо, и тогда материальный уровень жизни уже никогда не будет высоким.

Различие между выходом за пределы с последующими колебаниями и выходом за пределы с последующей катастрофой заключается в том, что в системе есть контуры разрушения окружающей среды. Такие положительные обратные связи приводят к самым тяжелым последствиям. При обычном развитии событий они не активны, однако при ухудшении ситуации приобретают решающее значение и еще больше ухудшают ее, усиливая разрушительные тенденции.

Например, луга и пастбища на всей планете эволюционировали вместе с травоядными животными — бизонами, антилопами, ламами, кенгуру. Когда травяной покров съеден, остающиеся в почве корни и нижние части стеблей получают из почвы больше воды и питательных веществ, и в результате трава вырастает снова. Численность травоядных контролируют хищники, на нее влияют сезоны миграций и болезни. Экосистема не нарушается, а пребывает в динамическом равновесии. Но если хищников из нее удалили, если миграция стала невозможной или просто популяция слишком разрослась, тогда травоядные могут выесть не только всю траву, но и повредить корни. С этого момента начинается быстрая эрозия.

Чем меньше остается растительности, тем меньше она удерживает почву. Лишившись защиты, частицы почвы уносятся ветром или смываются дождевыми потоками. Чем меньше остается почвы, тем меньше на ней может появиться растительности. Прогрессирующая нехватка расти-

тельности вызывает адекватную эрозию почвы и т. д. Плодородие почвы уменьшается все больше и больше, пока луг не превращается в пустыню.

В модели World3 существует несколько контуров, описывающих подобное саморазрушение. Например:

- Если люди голодают, им приходится эксплуатировать землю более интенсивно. Это позволяет в кратковременной перспективе получить больше продовольствия, но требует очень больших инвестиций в долговременной перспективе, чтобы поддерживать плодородие почв. Если инвестиций не делать, то производство продовольствия по прошествии некоторого времени быстро снижается.
- Допустим, появляется какая-либо проблема, для решения которой необходимо задействовать больше промышленной продукции — например, загрязнение окружающей среды требует, чтобы везде были установлены очистные сооружения; или наступил голод, и потому необходимо срочно передать больше промышленной продукции в аграрный сектор; или ресурсов не хватает, и потому необходимо стимулировать разработку и освоение новых ресурсов. В таких случаях средства выделяются для решения насущных проблем, а не на поддержание промышленного капитала и амортизацию. В результате промышленное производство постепенно приходит в упадок, что в будущем приводит к уменьшению производства промышленной продукции. Уменьшение количества продукции может привести к дальнейшему уменьшению отчислений на амортизацию, что приведет к дальнейшему уменьшению промышленного капитала, и т. д.
- Если экономика ослаблена, производство услуг на душу населения может упасть. Уменьшение финансирования программ планирования семьи может привести к тому, что рождаемость увеличится. Численность населения возрастет, что еще сильнее уменьшит количество услуг на душу населения.
- Если уровни загрязнения стали слишком высокими, это может привести к разрушению природных механизмов самоочищения, в результате скорость разложения загрязнений средой уменьшится, и тогда загрязнение возрастет еще больше.

Заметить последствия последнего из перечисленных механизмов саморазрушения, связанного с природными механизмами разложения загрязнений, очень трудно. На этот счет у нас во время создания первой модели World3, более тридцати лет назад, было очень мало информации. В тот период у нас была информация об отложении пестицидов в водоемах, что уничтожало в них те организмы, которые при нормальных условиях разлагали органические отходы; а также данные о выбросах в атмосферу оксидов азота и летучих органических соединений, которые взаимодействовали между собой, образуя гораздо более вредный фотохимический смог.

С тех пор стали известны и другие примеры того, как разрушаются природные механизмы самоочищения. Один из них - установленная способность нестойких загрязнителей воздуха, таких как монооксид углерода, резко уменьшать присутствие в воздухе гидроксильных ради-

калов, выполняющих функцию природных очистителей. При нормальных условиях гидроксильные радикалы вступают в реакцию с метаном (парниковым газом) и разлагают его. Когда загрязнение воздуха уменьшает количество гидроксильных радикалов в атмосфере, концентрация метана растет. Загрязнение воздуха нестойкими веществами, разрушающими природные механизмы разложения, может привести к последствиям в долгосрочном масштабе — к дальнейшему изменению климата¹⁴.

Другой пример разрушительных процессов — способность загрязнителей воздуха наносить вред лесам и даже приводить к их исчезновению, что уменьшает сток другого парникового газа — диоксида углерода. И еще один — закисление почв вследствие промышленных выбросов или применения химических удобрений. Почвы при нормальном уровне кислотности способны сорбировать загрязнения. Они связывают и изолируют тяжелые металлы, не допуская их попадания в поверхностные водоемы и грунтовые воды, и, следовательно, в живые организмы. Однако в кислой среде такие химические связи разрушаются. В.М. Стиглиани (W.M. Stigliani) в своей работе, проведенной в 1991 г., описывает этот процесс:

При закислении почвы токсичные тяжелые металлы, связанные и накопленные за продолжительное время (десятилетия или даже целое столетие), могут высвободиться и быстро поступать в грунтовые и поверхностные воды либо в ткани растений. Наблюдающееся сейчас в Европе закисление почв из-за кислых выпадений — явная причина выщелачивания тяжелых металлов и связанных с этим проблем¹⁵.

В «реальном мире» существуют не только те контуры положительных обратных связей, которые мы включили в модель World3, но и масса других, и все они способны приводить к быстрым разрушениям. Пока мы упомянули возможные разрушения в физических и биологических системах. Но подобные же тяжелые последствия могут быть и в социальных системах. Если правящий класс в стране считает допустимым, чтобы в обществе был столь большим разрыв в благосостоянии различных классов, то будут приниматься такие законы, которые еще больше увеличат разрыв между элитой и остальными гражданами страны. Такое неравенство может привести к возникновению социальной напряженности в средних классах, включая выражение недовольства и различные формы протеста. Беспорядки, возникающие при акциях протеста, могут стать поводом к принятию репрессивных мер. Применение силы еще больше отдаляет правящий класс от остального населения и усиливает его убежденность в том, что значительная разница в благосостоянии в обществе вполне приемлема и является нормой. Разрыв в уровне достатка интенсивнее увеличивается, недовольство и протесты населения усиливаются, и это может привести к еще более жестким репрессиям. В конце концов возникает угроза революции или гражданской войны.

Любые механизмы саморазрушения сложно описать численно, по-

сколькx это комплексные явления, затрагивающие все элементы системы и множественные связи между ними. Такие события возникают только тогда, когда в системе и без того создается напряжение. К тому моменту, когда оно становится очевидными, разрушение уже очень сложно остановить. Несмотря на некоторую неопределенность, мы можем с уверенностью заявить: любая система, в которой заключен скрытый процесс саморазрушения, может в конце концов придти к катастрофе, если будет допущен выход за пределы.

В локальном масштабе выход за пределы и катастрофа уже наблюдались не раз: процессы опустынивания, истощения минеральных ресурсов и грунтовых вод, отравление почвы сельскохозяйственных угодий или лесов стойкими токсичными загрязнителями, исчезновение видов животных и растений. Брошенные фермы, опустевшие шахтерские поселки, являются признаком такого поведения системы. В глобальном масштабе выход за пределы и катастрофа могут означать нарушение основных природных циклов, регулирующих климат, очищающих воду и воздух, воспроизводящих биомассу, поддерживающих биологическое разнообразие, преобразующих отходы одних природных процессов в питательные вещества для других. Когда мы впервые опубликовали наши результаты в 1972 г., большинство людей были убеждены, что в глобальном масштабе человек никогда не сможет нанести природным процессам серьезный вред. А сейчас примеры такого разрушения попали в заголовки газет и стали предметом обсуждения на встречах ученых и при проведении международных переговоров¹⁶.

Модель World3: два возможных сценария

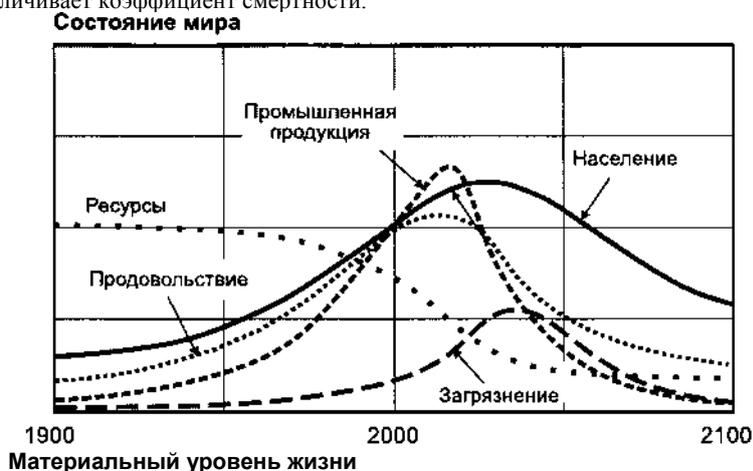
В модели мира World3 основная цель — рост. Численность населения в модели перестанет расти только тогда, когда оно станет очень богатым. Экономика в модели перестанет расти только тогда, когда ее вынудят к этому пределы. Ресурсы в модели расходуются и истощаются из-за чрезмерного использования. Контурь обратной связи, которые соединяют элементы системы, содержат существенные запаздывания, а физические процессы обладают большой инерцией. Поэтому вас не должно удивлять, что самым распространенным сценарием поведения системы будет выход за пределы и катастрофа.

На рис. 4.11, в Сценарии 1, показано «базовое» поведение модели World3 с настройками, которые мы полагаем наиболее реалистичными — они с максимальным правдоподобием описывают состояние мира в конце XX в., без маловероятных или заведомо нереальных предположений об уровнях развития технологии или политических усилиях. В 1972 г. мы называли этот сценарий «стандартным». Но при этом мы вовсе не утверждали, что это самый вероятный вариант развития событий, да и теперь мы не преподносим его как предсказание будущего. Это просто стартовая точка, ориентир для последующего сравнения. Однако многие читатели

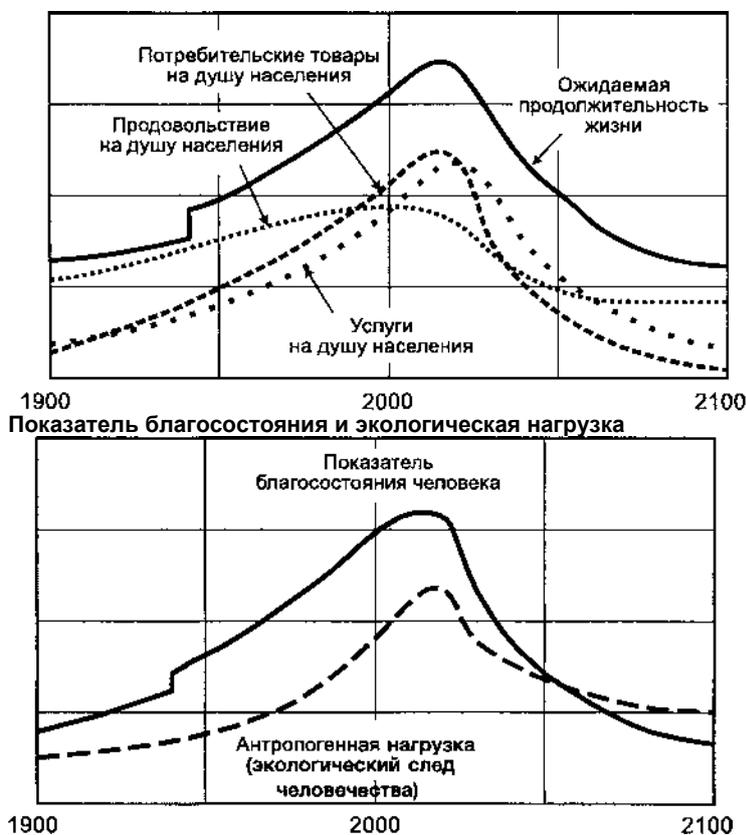
почему-то воспринимали «стандартный» сценарий как ключевой, более важный, чем все остальные. Чтобы этого не повторялось в новом издании книги, мы отказались от названия «стандартный» сценарий и стали называть его просто «отправной точкой». И теперь по номерам упорядочены все сценарии, а не часть. Этому сценарию достался номер 1.

В Сценарии 1 общество идет привычным путем, без серьезных политических изменений, до тех пор, пока это возможно. Здесь прослеживаются очертания хорошо нам известной истории XX в. Производство продовольствия, промышленной продукции и социальных услуг возрастает в ответ на явные запросы, при условии, что в это вкладывается капитал. Никакие экстраординарные усилия к тому, чтобы уменьшить выбросы загрязнений, сберечь ресурсы или защитить почвы от деградации, не предпринимаются, если только это не ведет к немедленному получению прибыли. Моделируемый мир стремится провести все население планеты через демографический переход и достичь процветания за счет индустриализации экономики. В Сценарии 1 по мере роста сектора услуг в мире повсеместно развиваются здравоохранение и программы контроля рождаемости. В сельском хозяйстве в процессе его развития используется все больше промышленной продукции, поэтому урожайность рас-

Рис. 4.11. Сценарий 1: «отправная точка»
Мировое общество идет привычным путем без каких-либо существенных политических изменений в политике, характерной для конца XX в. Численность населения и производство растут до тех пор, пока этому не кладет конец увеличивающаяся нехватка невозобновимых ресурсов. Для поддержания потоков ресурсов требуется все больше и больше финансовых вложений. В конце концов нехватка инвестиций в других секторах экономики приводит к уменьшению производства промышленных товаров и услуг. Вследствие этого приходят в упадок производство продовольствия и здравоохранение, что снижает ожидаемую продолжительность жизни и увеличивает коэффициент смертности.



Модель Word3: динамика роста в конечном мире



тет. Промышленный сектор непрерывно развивается, производство промышленной продукции растет, выбросы загрязнений увеличиваются, требуется все больше невозобновимых ресурсов.

Численность населения в Сценарии 1 возрастает с 1,6 млрд чел. в 1900 расчетном году до 6 млрд в 2000 г., и превышает 7 млрд в 2030 г. Суммарное производство промышленной продукции увеличивается с 1900 по 2000 г. почти в 30 раз, а затем еще на 10% к 2020 г. В период между 1900 и 2000 гг. расходуется не более 30% запасов невозобновимых ресурсов планеты, к 2000 г. более 70% ресурсов еще сохраняются невостребованными. Уровень загрязнения в моделируемом 2000 г. только-только начал существенно расти, превышая уровень 1990 г. на 50%. Потребление промышленных товаров на душу населения в 2000 г. на 15% больше, чем в 1990 г., и примерно в 8 раз больше, чем было в 1900 г.¹⁷.

Если закрыть рукой правую половину графиков Сценария 1, чтобы были видны кривые только до 2000 г., то смоделированный мир

выглядит вполне успешным и счастливым. Ожидаемая продолжительность жизни растет, производство услуг и товаров на душу населения увеличивается, суммарное производство продовольствия и промышленной продукции тоже растет. Средний уровень благосостояния человека постоянно увеличивается. Лишь пара тревожных сигналов просматривается на горизонте: растут уровень загрязнения и экологическая нагрузка. Производство продовольствия на душу населения прибавляться перестало. Но в целом система продолжает демонстрировать рост, и нет почти никаких указаний на то, что впереди ее ждут грандиозные потрясения.

Затем неожиданно в первые несколько десятилетий XXI в. экономический рост останавливается, начинается резкий спад. Резкое прекращение прироста, имевшего место так долго, вызвано быстро повышающимися ценами на невозобновимые ресурсы. Такое положение отражается на различных секторах экономики в виде резко падающих инвестиций. Процесс можно проследить подробно.

В расчетном 2000 г. еще остается столько невозобновимых ресурсов, что этого должно хватить на 60 лет, если темпы потребления будут такими же, как в 2000 г. Пока что никакие пределы по ресурсам не проявились. Однако в 2020 г. остающихся ресурсов хватит уже только на 30 лет. Почему пределы так резко приблизились? Потому, что потребление ресурсов выросло из-за увеличившегося населения и промышленного капитала, при этом остающиеся запасы постоянно уменьшались. За период между 2000 и 2020 гг. население увеличилось на 20%, а промышленное производство — на 30%. За два этих десятилетия в Сценарии 1 и то, и другое израсходовали практически столько же невозобновимых ресурсов, сколько вся мировая экономика за все предыдущее столетие! Естественно, теперь для мира в его непрерывных усилиях продолжить рост нужно все больше капитала для поиска, добычи и переработки остатков невозобновимых ресурсов.

По мере того, как в Сценарии 1 добыть невозобновимые ресурсы становится все труднее и труднее, на это из других секторов экономики отвлекается все больше и больше капитала. Для сельского хозяйства и промышленности остается меньше промышленной продукции. В конце концов примерно в 2020 г. инвестиции в промышленную сферу уже не могут компенсировать выбытие основных средств. (Это физические вложения и амортизация; другими словами, физическое оборудование изнашивается, выходит из строя и устаревает - речь идет не о денежной амортизации по бухгалтерским книгам.) В результате промышленность переживает резкий спад, который в этой ситуации избежать невозможно, поскольку экономика не может перестать вкладывать капитал в ресурсодобывающие отрасли. И даже если бы могла, тогда дефицит сырья и топлива ограничило бы промышленное производство еще быстрее.

Поскольку на амортизацию и поддержание оборудования в рабочем состоянии средств недостаточно, промышленное производство начинает падать, а следовательно, уменьшается и количество промышленной продукции, нужной для поддержания роста капитала и направления в другие сектора экономики. В конце концов уменьшение промышленного производства приводит к спаду в аграрном секторе и в сфере услуг, которые так или иначе зависят от поступлений промышленной продукции. На сельском хозяйстве в Сценарии 1 это отражается особенно сильно, поскольку продуктивность земли и без того пострадала от чрезмерного использования (даже в период до 2000 г.). Производство продовольствия поддерживалось на высоком уровне только за счет того, что деградация земель компенсировалась широким использованием химических удобрений, пестицидов, оросительного оборудования, а все это дает промышленность. Чем дальше, тем хуже: население продолжает расти из-за демографической инерции, в силу особенностей возрастной структуры населения и традиций при выборе желаемого размера семьи. Наконец, примерно в 2030 г. численность населения проходит максимум и начинает уменьшаться, так как из-за нехватки продовольствия и услуг здравоохранения увеличивается коэффициент смертности. Средняя продолжительность жизни, составлявшая в 2010 г. 80 лет, начинает снижаться.

Этот сценарий иллюстрирует «кризис невозобновимых ресурсов». Он — не предсказание и не предназначен для того, чтобы точно прогнозировать значения тех или иных переменных в модели либо оценивать время наступления тех или иных событий. Мы вовсе не утверждаем, что это наиболее вероятное будущее «реального мира». Чуть дальше мы покажем, что есть другая возможность будущего, а в гл. 6 и 7 обрисует много других возможностей. В том, что касается Сценария 1, мы можем утверждать только следующее: он дает общую схему поведения системы, если политика, определяющая экономический рост и увеличение численности населения, в будущем останется такой же, как и в конце XX в., если технологии и цены будут изменяться примерно также и если заданные с некоторой неопределенностью численные параметры модели окажутся близкими к истине.

Что, если наши предположения неверны, а численные параметры заданы неточно? Чем будет отличаться поведение системы, если, например, запасы невозобновимых ресурсов в недрах планеты окажутся вдвое больше, чем мы задали в Сценарии 1? Этот вариант показан в Сценарии 2 (рис. 4.12).

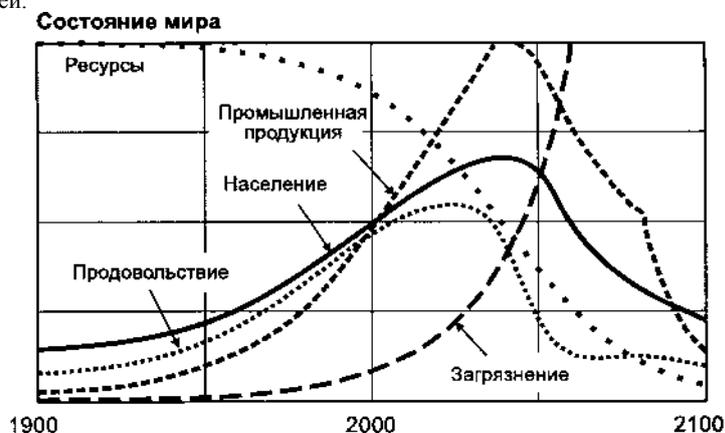
Как вы можете заметить, здесь истощение ресурсов наступает существенно позже, чем в Сценарии 1, и рост продолжается дольше, 20 лет дополнительно, и этого вполне достаточно для того, чтобы в промышленном производстве и потреблении ресурсов произошло очередное удвоение. Численность населения тоже нарастает дольше, превышая 8

млрд чел. к моменту достижения максимума в расчетном 2040 г. Но несмотря на это, общее поведение модели по-прежнему указывает на выход за пределы и на катастрофу. Только основной причиной катастрофы на этот раз становится сильнейшее загрязнение окружающей среды.

Высокие уровни промышленного производства приводят к чрезвычайному усилению загрязнения; в Сценарии 2 уровень загрязнения достигает максимума на 50 лет позже, чем в Сценарии 1, и превышает его примерно в 5 раз. Такое сильное загрязнение частично объясняется большими объемами выбросов, частично — разрушением механизмов самоочищения окружающей среды, в результате чего разложение выбросов замедляется. В 2090 г., в самый тяжелый момент, среднее время жизни загрязнителей в среде более чем втрое превышает этот показатель в 2000 г. Экологическая нагрузка растет также в результате использования непомерных количеств химических удобрений, пестицидов и других сельскохозяйственных химикатов.

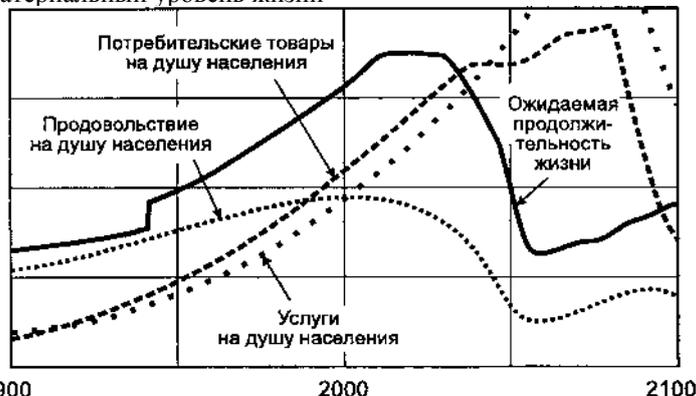
Загрязнение очень сильно влияет на продуктивности земель, она в Сценарии 2 в первой половине XXI в. уменьшается до очень низкого уровня. Даже увеличение инвестиций в восстановление земель, направленное на борьбу с утратой продуктивности, не помогает предотвратить

Рис. 4.12. Сценарий 2, больше имеющихся в изобилии невозобновимых ресурсов
Если в системе вдвое больше невозобновимых ресурсов, чем мы предположили в Сценарии 1, и если разработки в ресурсодобывающих технологиях позволят отодвинуть момент, когда цены на добычу начнут расти, то промышленность сможет развиваться дополнительно 20 лет. Численность населения достигнет максимального значения около 8 млрд чел. в 2040 г., при этом уровень потребления будет гораздо выше. Однако уровень загрязнения станет огромным (кривая даже выходит за пределы диаграммы), что приведет к уменьшению урожайности и потребует огромных инвестиций в сельское хозяйство. В конце концов численность населения падает, поскольку продовольствия недостаточно, а высокий уровень загрязнения оказывает негативное воздействие на здоровье людей.

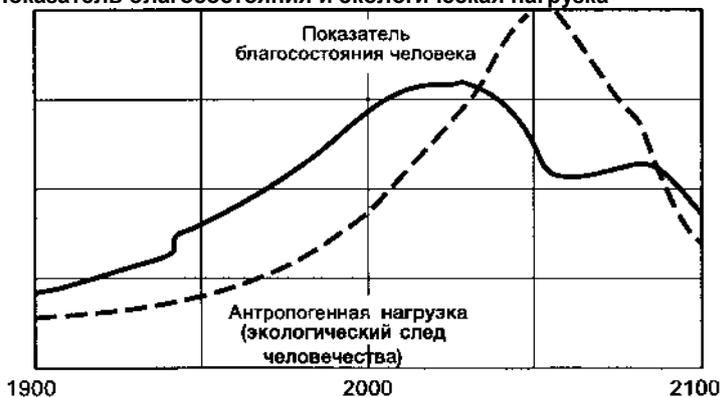


Модель Word3: динамика роста в конечном мире

Материальный уровень жизни



Показатель благосостояния и экологическая нагрузка



снижение урожайности и производства продовольствия: после 2030 г. падеже происходит очень резко. Из-за этого растет смертность. В тщетной попытке справиться с голодом в сельскохозяйственный сектор направляются еще большие капиталы, и в результате из-за отвлечения средств от реинвестирования прекращается рост и в промышленном секторе.

Сценарий 2 иллюстрирует «глобальный кризис загрязнения окружающей среды». В первой половине XXI в. уровень загрязнения увеличивается настолько, что это влияет на продуктивность земель. В «реальном мире» это может произойти из-за загрязнения почвы тяжелыми металлами или стойкими химическими соединениями; вследствие изменения климата и связанных с ним мутаций растительных сообществ, происходящих быстрее, чем фермеры могут к этому приспособиться; в результате увеличения уровня ультрафиолетового излучения, достигающего Земли, из-за истощения озонового слоя. Продуктивность земель лишь слегка

уменьшается в период с 1970 по 2000 гг., падает на 20% в период с 2000 по 2030 гг., а к 2060 г. составляет лишь малую толику уровня продуктивности 2000 г. В то же самое время эрозия почв очень велика. Суммарное производство продовольствия начинает падать в 2030 г., вынуждая экономику направлять основные инвестиции в сельскохозяйственный сектор, чтобы поддержать производство продуктов питания на достаточном уровне. Однако разрушительный эффект от загрязнения так силен, что производство продовольствия уже никогда не достигнет высокого уровня. Во второй половине XXI в. на фоне нехватки продовольствия загрязнение продолжает таких значений, что из-за этого средняя ожидаемая продолжительность жизни сильно уменьшается. Антропогенная нагрузка на окружающую среду огромна, пока наступившая катастрофа не уменьшит ее до значений, характерных для прошлого столетия.

Какой из сценариев более вероятен, Сценарий 1 или Сценарий 2? Если бы мы попытались ответить на этот вопрос на основе научных данных, все упиралось бы в «истинные» неразведанные запасы невозобновимых ресурсов на планете. Однако у нас таких истинных данных нет, да и не может быть. В любом случае в модели необходимо проверить влияние многих других параметров, заданных с допусками, а также исследовать, к чему приведут различные технологические и политические изменения. К ним мы вернемся в гл. 6 и 7. Все, что к этому моменту позволила нам узнать модель World3 - это, что моделируемая система склонна к выходу за пределы с катастрофическими последствиями. На самом деле в тех тысячах расчетов, что мы провели за все эти годы, выход за пределы и катастрофа были самыми частыми результатами. Но это не значит, что они неизбежны. Причины такого поведения читателям, наверное, на данный момент уже понятны.

Почему система выходит за пределы и наступает катастрофа?

Численность населения и экономика выходят за пределы в том случае, когда они расходуют ресурсы или производят выбросы в окружающую среду со скоростью, не соответствующей потенциальной емкости среды, и при этом реакции извне недостаточны для того, чтобы вынудить человечество уменьшить потребление ресурсов и производство отходов. Другими словами, человечество выходит за пределы, если производимая им экологическая нагрузка превышает уровень устойчивости, но не настолько сильно, чтобы негативные последствия заставили вовремя принять меры к снижению экологической нагрузки.

Выход за пределы происходит вследствие запаздывания сигналов обратной связи. Лица, принимающие решения в системе, не получают оперативную информацию о выходе за пределы, или не верят ей, или не принимают никаких мер. Выход за пределы возможен в том числе и потому, что существуют большие запасы ресурсов, которые истощаются далеко не

сразу. Можно привести разные примеры. Вы можете тратить в месяц больше денег, чем зарабатываете (хотя бы в течение некоторого времени), поскольку у вас есть сбережения на счете в банке. Вы можете сливать воду из ванны с большей скоростью, чем она наполнялась из крана, пока вся вода из нее не вытечет. При вырубке можно заготовить больше древесины, чем вырастает за год, если под топор идет участок с уже имеющимся строевым лесом, росшим на протяжении многих десятилетий. Если у вас есть запасы фуража, то размер стада может быть огромным; если раньше рыбу никто не ловил, то поначалу в рыболовецком флоте может быть огромное число траулеров. Чем больше накопленный начальный запас, тем позже может наступить выход за пределы, но тем сильнее и резче он будет. Если общество ориентируется не на скорость возобновления ресурсов, а на объемы остающихся запасов, то оно обязательно выйдет за пределы.

К запаздыванию предупреждающих сигналов добавляется еще и инерция самой системы, она служит причиной в запаздывании реакции на предупреждения. Система, даже если получает сообщение о проблеме и правильно интерпретирует его, все равно не может измениться за одну ночь. Уже накопленный капитал нельзя в одночасье уменьшить - на его выбытие нужно время. Лесам, чтобы вырасти, нужно время. Чтобы сменились поколения или среди населения распространились новые знания, нужно время. Чтобы загрязнители распространились в экосистеме, нужно время, и еще больше времени, чтобы экосистема от них очистилась. Чтобы система, обладающая инерцией определенной длительности, принимала правильные решения, необходимо постоянно смотреть как минимум на столько же времени вперед. Чем больше времени занимает поворот океанского лайнера, тем дальше должен видеть его радар. Политические и рыночные системы мира смотрят вперед недостаточно далеко.

Свой вклад вносит еще один фактор: постоянное стремление к росту. Если вы едете на машине с запотевшими стеклами или неисправными тормозами, первое, что вы должны сделать, чтобы не попасть в большие неприятности, — ехать медленнее. И уж точно не увеличивать скорость. С запаздываниями в системе можно справиться при условии, что она движется не слишком быстро, — иначе у нее просто не хватит времени получить предупреждающий сигнал и отреагировать на него: к этому моменту она уже успеет столкнуться с пределами. Постоянное ускорение любую систему, какой бы умной и предусмотрительной она ни была, приведет к ситуации, когда она не успеет реагировать своевременно. Даже абсолютно исправная машина с опытным водителем за рулем на чрезмерных скоростях опасна. Чем быстрее рост, тем выше будет выход за пределы и тем глубже будет спад. Все политические и экономические системы мира сегодня нацелены на достижение максимально возможной скорости роста.

Выход за пределы превращается в катастрофу в тот момент, когда начинается разрушение, которое усиливается различными нелинейными

факторами. Разрушение только усиливается и ширится, если не пресечь его в самом начале. Нелинейности того же порядка, что были приведены на рис. 4.2 и 4.7, могут служить в качестве порогового значения, при пересечении которого поведение системы внезапно меняется. Страна может добывать медь из все более бедной руды, но в определенный момент времени затраты на такую добычу внезапно возрастают до запредельных высот. Почва может страдать от эрозии долгое время, потому что урожайность зерновых не уменьшается, пока толщина слоя не станет меньше, чем глубина проникновения в нее корней растений. Когда же это произойдет, эрозия моментально приведет к опустыниванию. Наличие пороговых значений должно заставить вас быть еще более осторожным: если вы не просто едете в машине с запотевшими стеклами и неисправными тормозами, но и дорога при этом извилистая, вам тем более надо снизить скорость.

Любая демографо-эколого-экономическая система, в которой есть запаздывание предупреждающих сигналов и реакций на них, пороговые значения и механизмы разрушения и которая характеризуется быстрым ростом, в буквальном смысле слова неуправляема. Не имеет значения, какими чудесными технологиями она обладает, насколько эффективна ее экономика и насколько разумны правители—она не может уберечь себя от опасности. Если она постоянно стремится к ускорению, она выйдет за пределы.

По определению выход за пределы - это состояние, при котором запаздывающие сигналы от окружающей среды недостаточно сильны для того, чтобы положить конец росту. Как в таком случае общество может определить, что оно вышло за пределы? Первые признаки — истощение запасов ресурсов и увеличение уровней загрязнения. Вот и другие симптомы.

- Для компенсации обслуживания окружающей среды, которое раньше не требовало расходов и выполнялось самой природой, привлекаются дополнительные капиталы, ресурсы и рабочая сила (например, этого теперь требуют обработка сточных вод, очистка воздуха, воды, борьба с участвующими и усилившимися наводнениями и с расплодившимися сельскохозяйственными вредителями, восстановление питательных веществ в почве, опыление, сохранение биоразнообразия и т. д.).
- Капитал, ресурсы и рабочая сила отвлекаются от производства промышленной продукции и направляются на добычу ресурсов в более рассредоточенных и бедных месторождениях, расположенных дальше и залегающих глубже.
- Развиваются новые технологии, позволяющие использовать доступные в небольших количествах, менее ценные ресурсы, обладающие низким качеством и бедным содержанием целевых продуктов, поскольку высококачественные ресурсы уже израсходованы.
- Разрушаются природные механизмы самоочищения, растут уровни загрязнения.
- Выбывание капитала (амортизация) превышает инвестирование, его восполнение недостаточно, в результате капитал сокращается, что особенно заметно в отраслях, где оборудование рассчитано на большой срок службы.
- Растут потребности в капитале, ресурсах и рабочей силе в промышленном и

оборонном секторах, поскольку необходимо обеспечивать защиту и доступ к остающимся запасам ресурсов, которые расположены в меньшем числе все более удаленных областей или враждебных районов.

- Откладываются инвестиции в человеческие ресурсы (образование, здравоохранение, строительство жилья), поскольку средства направляются в первую очередь на немедленное потребление, неотложные вложения, на уплату долгов или обеспечение обороноспособности.
- Растет относительная доля долгов в фактическом годовом объеме производства.
- Ухудшается состояние здоровья населения и качество окружающей среды.
- Увеличиваются противоречия, особенно между ресурсами и стоками.
- Изменяется структура потребления, поскольку население больше не в состоянии платить за реальные потребности и может позволить себе только самое необходимое.
- Растет общественное недовольство методами, используемыми все чаще правящим классом для сохранения или увеличения своей доли в истощающейся ресурсной базе.
- В природных системах усиливается хаос, «природные» катаклизмы наступают чаще и становятся сильнее, поскольку устойчивость окружающей среды уменьшается.

Вы замечали такие симптомы в «реальном мире»? Если да, то вы уже должны подозревать, что в обществе выход за пределы уже интенсифицируется.

Выход за пределы не обязательно приводит к катастрофе. Если быстро принять решительные меры, ее можно избежать. В краткие сроки необходимо защитить ресурсную базу, резко снизив напрасные потери. Чрезмерные уровни загрязнения необходимо понизить, ограничить выбросы в соответствии с емкостью среды. Возможно, тогда не понадобится ограничивать численность населения, уменьшать капитал и снижать уровень жизни. А вот что точно необходимо быстро ограничить, так это потоки сырья и энергии. К счастью (нет худа без добра), в современной мировой экономике все настолько неэффективно и отходов так много, что потенциал для усовершенствований просто огромен. Главное, чтобы это позволило снизить экологическую нагрузку при сохранении или даже повышении уровня жизни.

Чтобы подвести итог, приведем основные положения модели World3, которые определяют ее стремление к выходу за пределы и к катастрофе. Если вы собираетесь раскритиковать нашу модель, наши предположения, нашу книгу или наши заключения, то вот вам аргументы для дискуссии:

- Рост в реальной экономике считается желательным и составляет основу современных политических систем, психологических стереотипов и культурных традиций. Когда имеет место рост численности населения и капитала, он стремится быть экспоненциальным.
- Потокам сырья и энергии, поддерживающим население и экономику, есть физический предел. И есть пределы стокам, которые способны поглощать выбросы и отходы человеческой деятельности.
- Растущее население и экономика получают сигналы о физических пределах

искаженными, с помехами, запаздыванием, беспорядочными, противоречивыми. Реакции на эти сигналы принимаются с запаздыванием.

- Пределы системы не только конечны, они могут даже уменьшаться в результате разрушения. Это происходит, если слишком велика нагрузка, если чрезмерна эксплуатация. Более того, в силу вступают нелинейные зависимости: после достижения пороговых значений разрушение происходит очень быстро и может стать необратимым.

Такое перечисление причин выхода за пределы и возникновения катастроф дает ключи к тому, как их избежать. Чтобы изменить систему[^] сделать ее управляемой, а поведение — устойчивым, необходимейшее[™] в нее следующие структурные изменения.

- Рост населения и капитала необходимо целенаправленными усилиями замедлить, а затем и остановить, чтобы предотвратить наступление проблем (иначе ситуация будет ухудшаться до тех пор, пока система не выйдет за пределы и пока обратные связи не укажут на это в явной форме).
- Потоки энергии и сырья необходимо уменьшить за счет значительного увеличения эффективности работы капитала. Другими словами, экологическая нагрузка должна быть ослаблена за счет меньшего использования энергии и материалов для получения тех же результатов, на основе более равномерного и справедливого распределения преимуществ от использования энергии и сырья, а также изменения в стиле жизни населения (снижения запросов или смещения потребления из материальной сферы в нематериальную - в сферу услуг, наносящую меньше вреда окружающей среде).
- Источники и стоки должны охраняться и поддерживаться в хорошем состоянии, их следует по возможности восстанавливать.
- Сигналы должны восприниматься более четко, а реакция на них - быть более оперативной; общество должно больше думать о будущем и заглядывать на многие годы вперед, просчитывая последствия от своих действий в долгосрочной перспективе.
- Процессы разрушения и эрозии необходимо предотвращать, а если они все же имеют место, то останавливать, а затем принимать меры к устранению их последствий.

В гл. 6 и 7 мы покажем, как подобные изменения могут изменить стремление системы World3 к выходу за пределы и катастрофе. Мы надеемся и хотим верить, что это поможет и реальному миру. Но сначала сделаем небольшое отступление и в гл. 5 приведем для примера одну историю, которая вселяет в нас большие надежды. Она проиллюстрирует все те динамические принципы, о которых мы только что говорили.

ГЛАВА 5

Возвращение к устойчивому состоянию: озоновая история

Так или иначе, мы оказались в центре широкомасштабного эксперимента по изменению химической структуры стратосферы, хотя мы не имеем четкого представления о том, какими могут быть биологические или метеорологические последствия.

Ф. Шервуд Роуланд, 1986

В этой главе мы расскажем поучительную историю о том, как система вышла за очень важный предел, какими были последствия, как развернулась борьба за возвращение в пределы устойчивости и какие успехи были достигнуты. Эта история — об ограниченной способности стратосферного озонового слоя поглощать созданные человеком химические соединения — хлорфторуглероды (ХФУ)¹. Она внушает надежду, по крайней мере пока — ведь заключительные главы в этой истории будут написаны спустя как минимум несколько десятилетий. Она показывает, что люди и организации, несмотря на некоторые человеческие слабости, могут объединиться по всему миру, признать проблему выхода за пределы, а затем найти приемлемое ее решение и реализовать его. В данном случае человечеству удалось отделаться относительно малыми потерями, зато оно осознало, что это такое — жить в соответствии с пределами.

Основные события озоновой истории развивались так: первыми подняли тревогу ученые, заметив, что озоновый слой постепенно исчезает. Им удалось выйти на международный уровень, чтобы организовать масштабное исследование проблемы. Однако для этого потребовалось преодолеть собственную ограниченность, а также недостаток опыта в политическом процессе. Быстрая реакция потребителей позволила обратить вспять опасные тенденции, однако только их активности было бы недостаточно для того, чтобы решить проблему окончательно. Правительства и корпорации поначалу отнекивались и действовали вяло, однако затем некоторые из них показали себя настоящими лидерами, умеющими принимать волевые решения. Экологов поначалу называли «обезумевшими паникерами», но затем оказалось, что они даже недооценивали проблему.

ООН в этой истории показала, что способна распространить важную информацию по всему миру и обеспечить необходимую поддержку и помощь, поскольку проблема требовала, чтобы над ней работало все международное сообщество и чтобы в процессе участвовали правительства самых разных стран. Развивающиеся страны нашли в озоновом кризисе новую возможность действовать в собственных интересах, отказываясь от сотрудничества до тех пор, пока им не будет гарантирована техническая и финансовая помощь, в которой они действительно очень нуждались.

В конце концов страны мира признали, что они превысили серьезный предел. Под давлением здравого смысла они, хоть и неохотно, согласились прекратить выпуск определенной промышленной продукции, несмотря на то, что она приносила большую прибыль и обладала полезными качествами. И произошло это до того, как проявился ущерб для экономики, экосистем или человека, и даже до того, как ученые достигли полной уверенности в своих результатах. И очень похоже, что это произошло как раз вовремя.

Рост

Хлорфторуглероды (ХФУ) были впервые получены в 1928 г., это одно из самых полезных соединений, когда-либо созданных человечеством. Они, по-

видимому, не токсичны для любых форм жизни — за счет своей химической стойкости. Они не горят и не вступают в реакцию с другими веществами, не вызывают коррозии. Поскольку их теплопроводность низка, они придают отличные теплоизоляционные свойства вспененным материалам, используемым в производстве стаканчиков для горячих напитков, упаковки для гамбургеров, утеплителей для стен. Некоторые ХФУ испаряются и могут конденсироваться при комнатной температуре, что делает их отличными хладагентами для холодильного оборудования и кондиционеров (в этом случае они известны под торговым названием «фреоны»). ХФУ — хорошие растворители для очистки металлических поверхностей, от сложных электронных микросхем до заклепок, применяемых в авиастроении. Эти соединения недороги в производстве, их можно без последствий (по крайней мере, так думали раньше) выбрасывать в окружающую среду, выпуская в атмосферу в виде газа или отправляя использованную продукцию, содержащую ХФУ, на мусорные свалки.

Как показывает рис. 5.1, в период с 1950 по 1975 гг. мировое производство ХФУ росло более чем на 11% ежегодно, практически удваиваясь каждые шесть лет. К середине 80-х гг. промышленность производила миллионы тонн ХФУ ежегодно. Только в США хладагенты на основе ХФУ использовались в 100 млн холодильников, 30 млн морозильных камер, 45 млн бытовых и 90 млн автомобильных кондиционеров, в сотнях тысяч холодильных шкафов и агрегатов в ресторанах, супермаркетах и авторефрижераторах². Среднестатистический житель Северной Америки или Европы расходовал примерно 0,9 кг ХФУ в год. Среднестатистический житель Китая или Индии использовал меньше 0,03 кг в год³. Для целого ряда химических компаний в Северной Америке, Европе, России

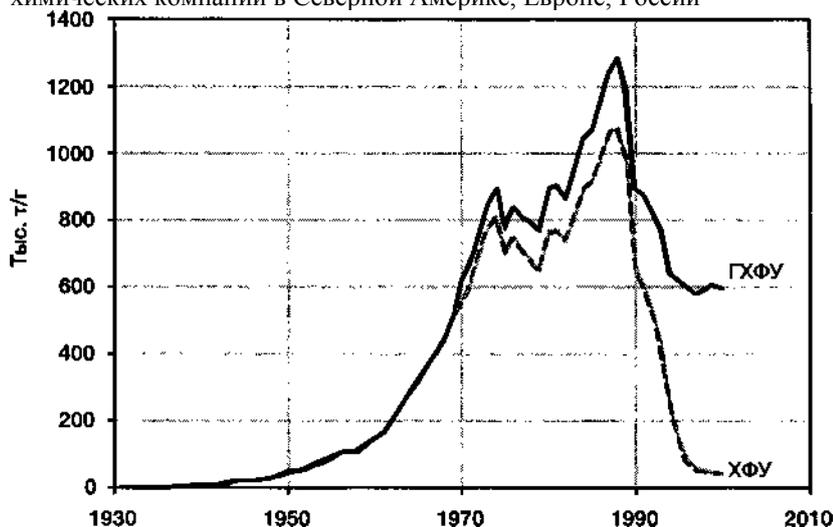


Рис. 5.1. Мировое производство хлорфторуглеродов
Производство хлорфторуглеродов быстро росло до 1974 г., когда появились первые статьи об их влиянии на озоновый слой. Последующее снижение производства

произошло благодаря активности защитников окружающей среды, которые призывали отказаться от аэрозольных баллончиков, содержащих ХФУ в качестве пропеллента. В результате в США в 1978 г. их использование действительно было запрещено. После 1982 г. расширение области применения ХФУ вызвало непродолжительный рост их производства, но с 1990 г. оно начало уменьшаться, поскольку уже были достигнуты международные договоренности о сворачивании их производства. Гидрированные ХФУ (ГХФУ)—заменители обычных ХФУ—все еще разрешены к применению; постепенное сворачивание их производства намечено на период с 2030 по 2040 гг. (Источник: Alternative Fluorocarbon Environmental Acceptability Study.)

и Азии производство ХФУ было основным источником прибыли. И тысячи компаний использовали их в своих производственных процессах.

Предел

Действующее лицо нашей истории - невидимый газ озон: три атома кислорода, связанных вместе (O_3), в отличие от обычного кислорода, состоящего из двух атомов (O_2). Озон настолько химически активен, что вступает в реакцию и окисляет практически все, с чем сталкивается. В нижних слоях атмосферы много и различных частиц, и поверхностей, поэтому оказавшаяся здесь молекула озона моментально вступает в реакцию. От этого могут пострадать и листья растений, и легкие человека. В слоях атмосферы, расположенных у поверхности Земли, озон является разрушающим веществом, но как загрязнитель он имеет очень короткий

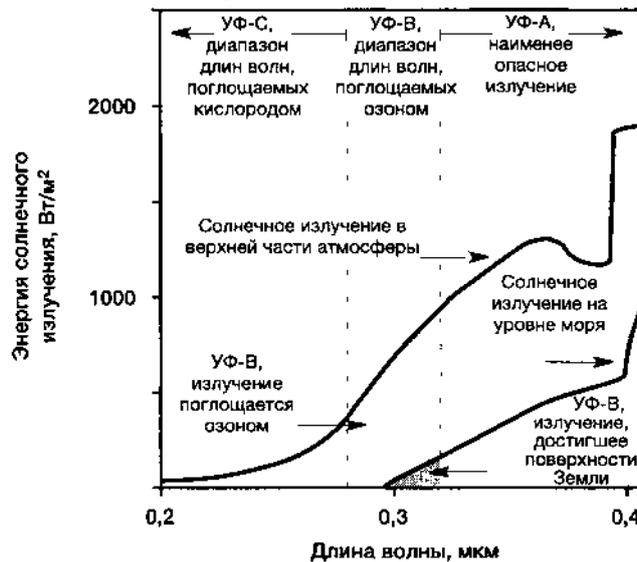


Рис. 5.2. Поглощение излучения в атмосфере

Достигающие планеты ультрафиолетовые лучи Солнца практически полностью поглощаются в атмосфере молекулами кислорода и озона. Озон поглощает большую часть излучения в диапазоне УФ-В, особенно опасного для живых существ.

срок жизни. В верхних слоях атмосферы все по-другому: там не так-то много молекул, поэтому там срок жизни озона относительно большой — как правило, от 50 до 100 лет. Под воздействием солнечных лучей в верхних слоях атмосферы озон постоянно образуется из обычного кислорода.

Накопленный «озоновый слой» располагается на высоте от 9 до 32 км над

поверхностью Земли.

Озоновый слой богат озоном только в сравнении с небольшим его количеством в других слоях атмосферы. Из 100 тыс. молекул, находящихся на высотах озонового слоя, на самом деле только одна — действительно молекула озона. Но этой концентрации вполне достаточно для того, чтобы поглотить большую часть чрезвычайно опасного ультрафиолетового излучения УФ-В (ультрафиолет, диапазон В), составную часть солнечного излучения (рис. 5.2). Ультрафиолет В представляет собой поток квантов, имеющих такую энергию, что они способны разрушать органические молекулы, на которых основано существование всех форм жизни на Земле: молекулы ДНК, несущие генетические код, тоже относятся к органическим молекулам. Несмотря на свою разреженность, озоновый слой выполняет чрезвычайно важную функцию.

Одно из возможных последствий облучения живых организмов ультрафиолетом В — онкологические заболевания. Исследования уже давно доказали, что ультрафиолет В вызывает у лабораторных животных рак кожи. У человека в большинстве случаев возникновения рака кожи он затрагивает именно те ее участки, которые открыты солнечным лучам. Особенно этому подвержены люди с бледной кожей, проводящие много времени на открытом воздухе. Самый высокий в мире уровень заболеваемости раком кожи — в Австралии: современная статистика свидетельствует, что каждый второй австралиец на протяжении жизни столкнется с тем или иным видом рака кожи. Самая опасная разновидность заболевания, злокачественная меланома, в Австралии чаще всего встречается в возрастной группе от 15 до 44 лет⁴. По оценке ученых, при истощении озонового слоя на 1% количество ультрафиолетового излучения В, достигающего поверхности Земли, увеличится на 2%, что приведет к росту заболеваемости раком кожи на 3—6%⁵.

Ультрафиолетовое излучение В представляет для человека двойную опасность. Оно не только увеличивает вероятность рака кожи, но и может подавлять иммунную систему человека и не давать ей успешно сопротивляться онкологическим и другим заболеваниям — герпесу, инфекционным болезням и т. п.

Помимо кожи, под большим воздействием солнечных лучей оказываются глаза. Ультрафиолет В может повредить роговицу, вызывая болезненное состояние, известное под названием «снежная слепота», поскольку ей часто подвергаются горнолыжники и альпинисты, забирающиеся высоко в горы. Иногда «снежная слепота» очень болезненна, а ее повторение может навсегда ухудшить зрение. Лучи ультрафиолета В могут также повредить сетчатку и вызвать катаракту хрусталика глаза.

Если поверхности Земли будет достигать больше ультрафиолета В, то любое животное, имеющее глаза и кожу, открытую солнечным лучам, потенциально будет испытывать те же проблемы, что и человек. Подробные исследования других последствий воздействия ультрафиолетовых лучей

диапазона УФ-В только начались, однако некоторые выводы можно сделать уже сегодня.

- Одноклеточные и микроорганизмы подвержены большей опасности, чем животные большего размера, поскольку ультрафиолет В может проникать только в поверхностные слои клеток.
- Лучи УФ-В проникают в толщу океана всего на несколько метров, однако именно в этом слое обитает большая часть водных микроорганизмов — планктон. Исследования показывают, что планктон (как животный, так и растительный) особенно чувствителен к излучению УФ-В⁶. Пока еще не сложилось единого мнения о том, насколько велико влияние излучения УФ-В на взаимодействие различных видов в экосистеме. Однако планктон — основное звено в большинстве океанских пищевых цепей, поэтому увеличение уровня излучения ультрафиолета В потенциально может затронуть многие виды жизни в океане.
- Облучение ультрафиолетом В зеленых растений приводит к уменьшению площади поверхности листьев, снижению высоты растений и ослаблению фотосинтеза. Различные виды зерновых реагируют на облучение УФ-В по-разному, но до 60% изученных злаков демонстрируют при этом падение урожайности. Так, в одном из исследований сделан вывод о том, что истощение озонового слоя на 25% может привести к снижению урожайности сои на 20%⁷.
- Ультрафиолетовое излучение приводит к старению полимеров и пластических масс, используемых на открытом воздухе, и это может вести к появлению озона в нижних слоях атмосферы, где он участвует в образовании городского смога.

Живые организмы на протяжении эволюции научились защищаться от ультрафиолета разными способами — за счет пигментации, шерстного или чешуйчатого покрова, механизмов восстановления поврежденных молекул ДНК, а также с помощью поведенческих привычек, позволяющих чувствительным животным прятаться от палящих солнечных лучей. Такие защитные механизмы действуют с разной эффективностью, поэтому при истощении озонового слоя можно ожидать, что некоторые популяции сократятся, другие увеличатся, а некоторые виды, возможно, совсем исчезнут. Может нарушиться баланс между численностью травоядных и запасами корма для них, между количеством сельскохозяйственных вредителей и их природных врагов, между численностью паразитов и их хозяев. Истощение озонового слоя повлияет на каждую экосистему, но каким образом — предсказать невозможно, особенно на фоне других событий, например, глобального потепления.

Первые сигналы

В 1974 г. независимо одна от другой были опубликованы две научные статьи, обе предупреждали об опасности, угрожающей озоновому слою. В одной отмечалось, что атомы хлора в стратосфере могут приводить к массовому разрушению молекул озона⁸. В другой сообщалось, что ХФУ достигают стратосферы и в ней распадаются, высвобождая атомы хлора⁹. Вместе эти публикации означали, что использование человечеством ХФУ может привести к очень тяжелым последствиям.

Поскольку ХФУ инертны и нерастворимы, они не вступают в реакцию с другими газами и не поглощаются дождевой водой. Солнечное излучение,

достигающее нижних слоев атмосферы, имеет длины волн, которые не приводят к расщеплению связей углерод — хлор или углерод — фтор. Практически единственная возможность для молекулы ХФУ «исчезнуть» из атмосферы состоит в том, чтобы добраться до верхних слоев атмосферы и встретиться там с коротковолновым ультрафиолетовым излучением — тем, которое никогда не достигает поверхности Земли, по-

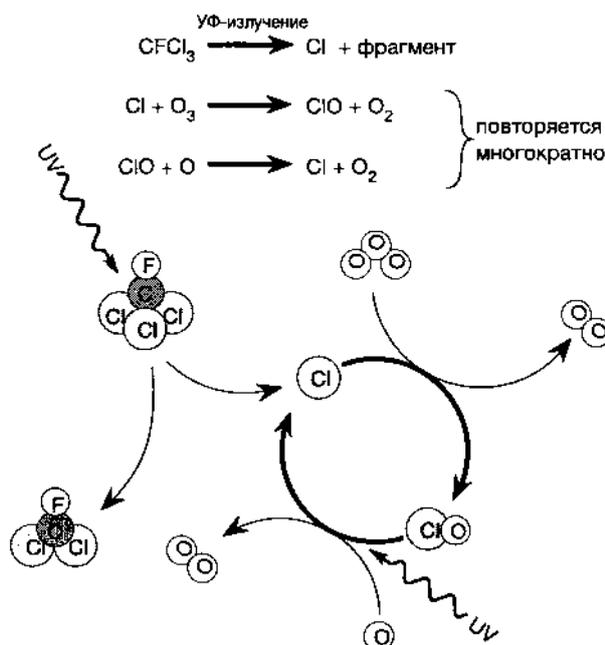


Рис. 5.3. Как ХФУ разрушают стратосферный озон

Молекулы ХФУ в верхних слоях атмосферы расщепляются под воздействием ультрафиолета, высвобождая свободные атомы хлора (Cl). Эти атомы вступают в реакцию с озоном (O_3), образуя монооксид хлора (ClO). Затем молекула ClO реагирует с атомарным кислородом, высвобождая атом хлора, который может снова вступить в реакцию с другой молекулой озона, и т. д. Цикл реакций повторяется снова и снова, существенно уменьшая концентрацию озона в атмосфере.

Сколько его отфильтровывают озон и кислород. Такое излучение расщепляет молекулу ХФУ, высвобождая свободные атомы хлора.

Вот здесь-то и начинаются проблемы. Радикал хлора (Cl) может вступить в реакцию с молекулой озона, образуя кислород и монооксид хлора (ClO). Затем молекула ClO реагирует с атомарным кислородом (O), образуя молекулярный кислород O_2 и снова высвобождая атом хлора. Атом хлора может превратить в кислород еще одну молекулу озона, затем снова высвободиться и т. д. (рис. 5.3).

Атом хлора может проходить через цикл реакций снова и снова, каждый раз разрушая по молекуле озона. В среднем один атом хлора разрушает порядка 100 тысяч молекул озона, прежде чем цепочка прервется, когда хлор прореагирует с метаном или диоксидом азота или чем-либо подобным и в

связанном виде вернется на поверхность Земли.

Запаздывания

Чтобы система вышла за пределы, в ней должны быть запаздывания, а в озоновой системе их очень много. Постоянное высвобождение атомарного хлора означает, что пройдет много лет, прежде чем однажды попавший в стратосферу атом хлора будет окончательно связан и перестанет разрушать озон. Еще одно запаздывание — период между образованием молекулы ХФУ на промышленном предприятии и ее попаданием в стратосферу. При определенных видах использования (например, в качестве пропеллента в аэрозольном баллончике) ХФУ достаточно быстро поступает в воздушную среду. При других, например, при использовании в холодильных установках или при производстве вспененных изолирующих материалов, ХФУ попадет в воздух через многие годы. После высвобождения молекулы, у нее уйдет несколько десятилетий на то, чтобы с атмосферными потоками добраться до верхних слоев стратосферы. Таким образом, истощение озонового слоя сегодня — это следствие выпуска ХФУ многие годы или даже десятилетия назад.

На получение новых знаний и выработку единого научного мнения по проблеме тоже уходят годы, хотя в данном конкретном случае запаздывание уменьшилось за счет нескольких политических факторов, позволивших ускорить развитие событий.

Две статьи, предсказавшие истощение озонового слоя, вызвали настоящий бум в исследованиях по атмосферной химии хлора. В США научная информация моментально проникла в политическую среду. Частично это произошло потому, что авторы одной из статей были американцами. Их глубоко беспокоила судьба своего открытия, и они обладали достаточной энергией для того, чтобы привлечь к нему внимание общественности (особенно Ф. Шервуд Роуланд, который довел информацию до сведения Национальной академии наук и до Конгресса США). Другим фактором, сыгравшим важную роль в США, было хорошо организованное движение в защиту окружающей среды.

Когда американские экологи осознали последствия связи между озоном и ХФУ, они приступили к действию. Прежде всего они осудили использование ХФУ в аэрозольных баллончиках. Это безумие, говорили они, угрожать жизни на Земле только ради того, чтобы опрыскать себя дезодорантом или использовать готовую пену для бритья. Строго говоря, выбор в качестве основной мишени аэрозольного баллончика был чрезмерным упрощением, ведь уже производились аэрозольные баллончики на основе других наполнителей, не содержащих ХФУ, к тому же у ХФУ было много других областей использования. Однако это позволило довести информацию до потребителей. Аэрозольные баллончики заклеили как разрушители озона, и потребители откликнулись на призыв: продажи такой продукции упали больше чем на 60%. Результаты этого можно увидеть на рис. 5.1 — в 1975 г. рост временно остановился. Политическое давление позволило принять закон, который запретил использовать ХФУ в аэрозолях.

Промышленность, конечно, пыталась сопротивляться. Представитель компании Дюпон (DuPont) в 1974 г. выступил перед Конгрессом США и заявил буквально следующее: «В настоящее время гипотеза о связи хлора с истощением озонового слоя — чистой воды спекуляция, ей нет никаких подтверждений». Однако при этом он добавил: «Если достоверные научные данные... покажут, что хлорфторуглеводороды нельзя использовать без вреда для здоровья, компания Дюпон остановит их производство»¹⁰. Не прошло и четырнадцать лет, как компания Дюпон, крупнейший производитель ХФУ в мире, сдержала свое обещание.

Закон, запрещающий использование ХФУ в качестве пропеллента в аэрозольных баллончиках, был принят в 1978 г. Вместе с движением потребителей, которое к тому моменту уже вызвало снижение продаж аэрозолей, это привело к значительному уменьшению производства ХФУ в мире. Тем не менее во многих странах мира аэрозоли все еще содержали ХФУ. Кроме того, их продолжали применять для других целей, в особенности в электронной промышленности, и здесь использование ХФУ по-прежнему росло. В 1980 г. использование ХФУ в мире вернулось к уровню 1975 г. и снова стало расти (см. рис. 5.1).

Выход за пределы: озоновая дыра

В октябре 1984 г. ученые Британской антарктической экспедиции (British Antarctic Survey) во время исследования, проводившегося на станции Халли-Бей (Halley Bay), зафиксировали уменьшение концентрации озона в стратосфере на 40%. Измерения за предшествующий десятилетний период свидетельствовали, что год от года концентрация озона в октябре снижается (рис. 5.4). Ученые отказывались верить своим глазам. Снижение концентрации на 40% казалось им просто невыносимым. Компьютерные модели, основанные на тогдашних знаниях в области атмосферной химии, допускали уменьшение концентрации всего на несколько процентов, не более.

Исследователи перепроверили все свое оборудование. Затем они стали искать материалы измерений, проведенных другими учеными, в надежде найти подтверждение. В конце концов они нашли его: результаты измерений, проведенных станцией в 1600 км к северо-западу, тоже показывали небывалое уменьшение концентрации стратосферного озона.

В мае 1985 г. была опубликована историческая статья, объявившая о появлении в Южном полушарии «озоновой дыры».¹¹ Новость ошарашила ученых всего мира. Если она была правдой, то это означало, что человечество уже превысило глобальный предел. Использование ХФУ вышло

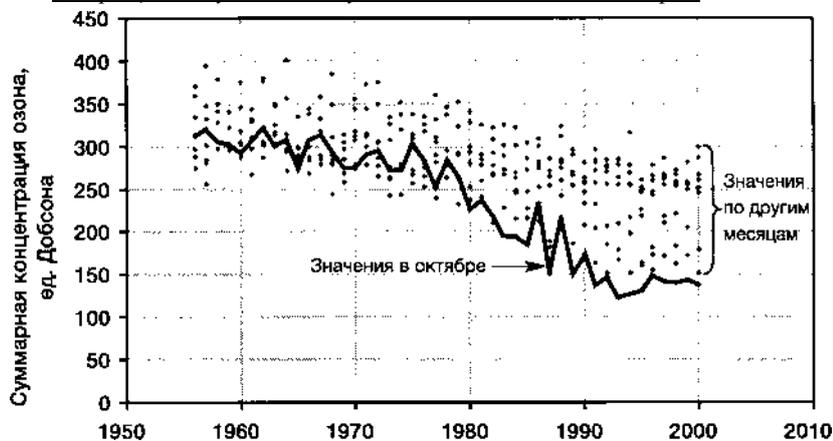


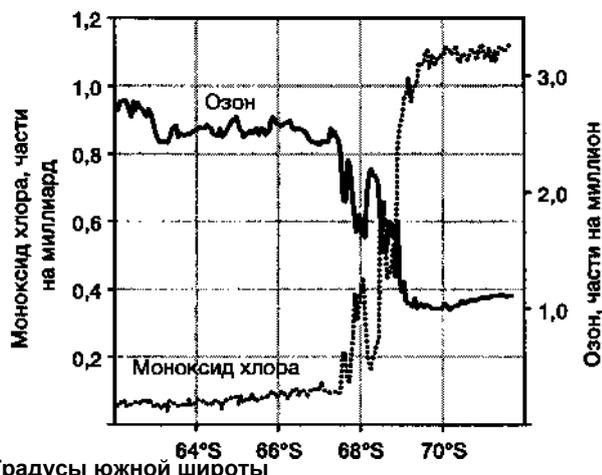
Рис. 5.4. Измерение концентрации озона, станция Халли, Антарктида. Концентрация озона в атмосфере над станцией Халли, Антарктида, измеренная в октябре (при возвращении Солнца — это весна в Южном полушарии), уменьшалась на протяжении десяти лет, предшествовавших появлению публикации об озоновой дыре в 1985 г. С того момента концентрация озона в октябре стала еще меньше. (Источник: J.D. Shanklin).

за пределы устойчивости. Люди фактически разрушали собственный озоновый щит.

В США ученые НАСА (National Aeronautic and Space Administration, NASA) подняли все данные по атмосферному озону, которые спутник Нимбус-7 (Nimbus 7) непрерывно собирал с 1978 г. Он никогда не сообщал о появлении озоновой дыры. Перепроверив все данные, специалисты НАСА обнаружили, что их компьютеры *были запрограммированы на отсев слишком низких значений* концентрации озона, поскольку предполагалось, что такие величины могут быть только результатом ошибки измерения¹².

К счастью, отсеянные значения удалось найти, они не были уничтожены. Эти значения подтвердили наблюдения станции Халли-Бей, свидетельствуя, что концентрация озона уменьшалась на Южном полюсе на протяжении десятилетий. Более того, эти данные позволили составить подробную карту озоновой дыры. Она оказалась огромной, величиной с континентальную часть США. С каждым годом она становилась все больше, а концентрация — все ниже.

Откуда же взялась дыра? Почему именно над Антарктидой? Что означает это открытие для защиты всей планеты от ультрафиолетового излучения в диапазоне В? В последующие несколько лет ученые выполнили огромный объем работы, чтобы ответить на эти вопросы. Самое важное доказательство вины хлора было получено в сентябре 1987 г., когда уче-



Градусы южной широты

Рис. 5.5. Рост концентрации активного хлора и уменьшение концентрации озона в Антарктиде

Приборы на борту исследовательского самолета НАСА ER-2 одновременно измерили концентрации монооксида хлора и озона по маршруту следования из Пунта-Аренас, Чили (53° ю.ш. до 72° ю.ш.). Показанные на графике данные были собраны 16 сентября 1987 г. Когда самолет вошел в озоновую дыру, концентрация монооксида хлора превысила обычные значения во много раз, а концентрация озона резко упала. Это открытие позволило однозначно установить, что хлорсодержащие загрязнители вызывают разрушение озона. (Источник: J.G. Anderson et al.)

ные направили из Южной Америки к Южному полюсу самолет прямо через озоновую дыру. Результаты измерения концентрации озона и СЮ по всему маршруту показаны на рис. 5.5. Всплески и провалы в концентрации озона практически полностью соответствуют провалам и пикам в концентрации СЮ¹³. Более того, измеренные концентрации монооксида хлора в дыре в сотни раз больше, чем это можно объяснить обычными явлениями атмосферной химии. Этот график часто называют «дымящимся ружьем», доказавшим вину ХФУ даже промышленным производителям. Озоновая дыра — не нормальное явление, а свидетельство того, что атмосфера сильно пострадала от выбросов хлорсодержащих загрязнителей.

Ученым понадобилось несколько лет, чтобы объяснить появление дыры. Вкратце процесс можно описать так.

Поскольку Антарктида окружена океаном, ветры **Моиу** непрерывно циркулировать вокруг континента, им не препятствует суша. Во время южной зимы они образуют циркумполярный вихрь, воронку из ветров, которая собирает воздух над Антарктидой и не дает ему смешиваться с остальной атмосферой. Этот вихрь создает «реакционный котел», в котором «варятся» полярные атмосферные химические соединения. (На Северном полюсе воронка не так сильно выражена, поэтому северная озоновая дыра гораздо меньше.)

Зимой антарктическая стратосфера — самое холодное место на Земле, температура падает до -90 °С. В условиях такого экстремального холода водяные пары становятся туманом из мельчайших кристалликов льда и висят

в воздухе, создавая поверхность для ускорения химических реакций, словно катализатор. В результате этих реакций молекулы ХФУ расщепляются и высвобождают хлор, разрушающий озон.

Атомы хлора, высвободившиеся за долгую полярную ночь, вступают в реакции по разрушению озона не сразу. Сначала каждый атом хлора реагирует только с одной молекулой озона, образуя моноксид хлора СЮ. Две молекулы СЮ образуют относительно стабильный димер СЮОС1. Молекулы димеров накапливаются, дожидаясь возвращения Солнца¹⁴.

Каждый сентябрь или октябрь, при наступлении антарктической весны, лучи Солнца разбивают димеры СЮОС1, и в атмосферу разом поступает огромное количество радикалов хлора, которые вступают в реакцию с озоном. Концентрация озона резко падает.

Вернувшееся солнце постепенно рассеивает циркумполярный вихрь, снова позволяя полярным воздушным массам свободно смешиваться. Воздух с пониженным содержанием озона рассеивается по всему земному шару, и уровни озона над Антарктидой приближаются к обычным.

Дыры меньшего размера наблюдались и над Северным полюсом - это происходит во время арктической весны. Вряд ли следует ожидать, что отдельные озоновые дыры появятся в каких-то других местах. Но поскольку газы в атмосфере смешиваются, концентрация озона уменьшается не только на полюсах, но и по всей планете. А поскольку молекулы ХФУ и хлора в атмосфере живут долго, истощение тоже будет наблюдаться длительное время, как минимум — одно столетие. Раз человечество превысило предел (определяемый как максимальное количество выбросов ХФУ, не нарушающее устойчивость), значит, оно обрекло себя на долгий период существования в условиях пониженной концентрации озона и меньшей защиты от ультрафиолета В. И так было бы даже в том случае, если бы производство ХФУ прекратилось немедленно. Этот выход за пределы произошел, и он будет оставаться частью нашей реальности еще очень долго.

Следующий отклик: запаздывания на практике

Среди тех, кто был вовлечен в международные переговоры по озоновой проблеме, возникли определенные разногласия в отношении того, стало ли появление сообщения об озоновой дыре в 1985 г. таким же движущим фактором для политиков, как и для ученых. Международные переговоры об ограничении производства ХФУ шли полным ходом, но серьезного результата не дали. На встрече в Вене, проходившей за два месяца до широкого объявления об озоновой дыре, было выработано беспечное заключение о том, что странам следует принять «соответствующие меры» для защиты озонового слоя, но в этом документе не были предусмотрены ни временные рамки, ни санкции за неисполнение. Промышленные производители прекратили поиски заменителей для ХФУ, поскольку все шло к тому, что в обозримом будущем они не будут востребованы¹⁵. Антарктическую озоновую дыру однозначно свяжут с ХФУ только спустя три года.

Что-то должно было произойти в политической сфере между мартовской

встречей в Вене, которая не привела ни к каким реальным результатам, и сентябрьской 1987 г. встречей в Монреале, где был создан первый международный протокол по озоновому слою и его подписали представители 47 стран. Дыра над Антарктидой определенно имела некий психологический эффект, и воздействие усиливалось тем, что никто не мог объяснить, откуда она взялась. Было ясно только одно: с озоновым слоем явно происходит что-то не то. И хотя окончательно в тот момент это не было доказано, тем не менее, многие ученые указывали на ХФУ как на самых вероятных виновников.

Есть доказательства или нет - вероятно, все равно никто бы ничего не предпринял, если бы не программа ООН по защите окружающей среды — United Nations Environment Program (UNEP), которая была частью международных политических процессов и подталкивала их. Сотрудники UNEP собрали научные данные, сделали из них правильные выводы и представили их правительствам, создав основу для обсуждения проблемы на самом высоком уровне. Можно сказать, что они выступили посредниками. Директор UNEP Мустафа Толба (Mustafa Tolba) показал себя искусным дипломатом в вопросах защиты окружающей среды, он сохранял нейтралитет в мелких препирательствах и терпеливо напоминал всем участникам переговоров, что никакие краткосрочные эгоистические соображения не могут сравниться по важности с поддержанием целостности озонового слоя планеты.

Переговоры проходили очень тяжело¹⁶. Правительства мира столкнулись с глобальной экологической проблемой, которая не была изучена / до конца и которая в тот момент еще не нанесла видимого ущерба здоровью людей или экономике. Страны, являвшиеся основными производителями ХФУ, естественно, пытались заблокировать любые предложения о снижении использования ХФУ. Судьба важных решений порой висела на тонком политическом волоске. США, например, играли роль сильного лидера, но несколько раз оказывались в сложном положении из-за глубоких разногласий внутри администрации Рейгана. Эти разногласия были вынесены на публику, когда министр внутренних дел Дональд Ходдел (Donald Hodel) прилюдно заявил, что озоновый слой не будет проблемой, если люди, выходя на улицу, будут просто надевать широкополые шляпы и солнцезащитные очки! Это заявление вызвало насмешки по всему миру (даже в мультфильмах появились наряженные в шляпы и солнцезащитные очки коровы, собаки, деревья и кукурузные початки), что сыграло на руку тем членам администрации США, которые пытались донести до президента всю серьезность озоновой проблемы.

Между тем, UNEP набирала силу. Экологические движения в Европе и США оказывали давление на свои правительства, ученые проводили учебные семинары для журналистов, парламентариев и широкой общественности. Вынуждаемые давлением со всех сторон, национальные правительства в конце концов (как ни странно, довольно быстро — в 1987 г.) подписали в

Монреале Протокол о веществах, разрушающих озоновый слой (Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer).

В Монреальском протоколе было оговорено, что мировое производство пяти самых широко применяемых ХФУ должно быть заморожено на уровне 1986 г. Затем в 1993 г. производство должно быть снижено на 20%, а к 1998 г. — еще на 30%. Соглашение о «замораживании — 20—30» было подписано всеми основными производителями ХФУ.

Монреальский протокол имел историческое значение; в тот момент он позволил политически продвинуться гораздо дальше, чем могли надеяться защитники окружающей среды. Однако вскоре стало ясно, что предлагаемых в нем ограничений производства ХФУ совершенно недостаточно. На рис. 5.6 показано, что произойдет с концентрацией стратосферного хлора, ответственного за разрушение озона, если выбросы сократятся в соответствии с Монреальским протоколом (а также другими соглашениями, принятыми позже: в Лондоне, Копенгагене, Вене и снова Монреале; мы об этом еще расскажем). Даже при снижении производства остаются большие запасы ранее произведенных, но еще не использованных ХФУ, и надо учесть те уже использованные количества ХФУ, которые еще не достигли стратосферы — в результате концентрация хлора будет продолжать расти.

Причины, по которым соглашение оказалось слабым, были понятны. Многие развивающиеся страны не стали подписывать протокол. Китай, например, собирался оборудовать миллионы квартир первыми холодильниками собственного производства, а это означало широкое использование фреонов. Советский Союз занимался отговорками, заявляя, что пятилетнее планирование не позволяет внести быстрые изменения в программу производства ХФУ, и настаивал на более медленном сокращении. Многие промышленные производители ХФУ продолжали надеяться, что им удастся отстоять хотя бы часть своего рынка.

В течение года после подписания Монреальского протокола было зафиксировано еще большее истощение озонового слоя, и примерно в это

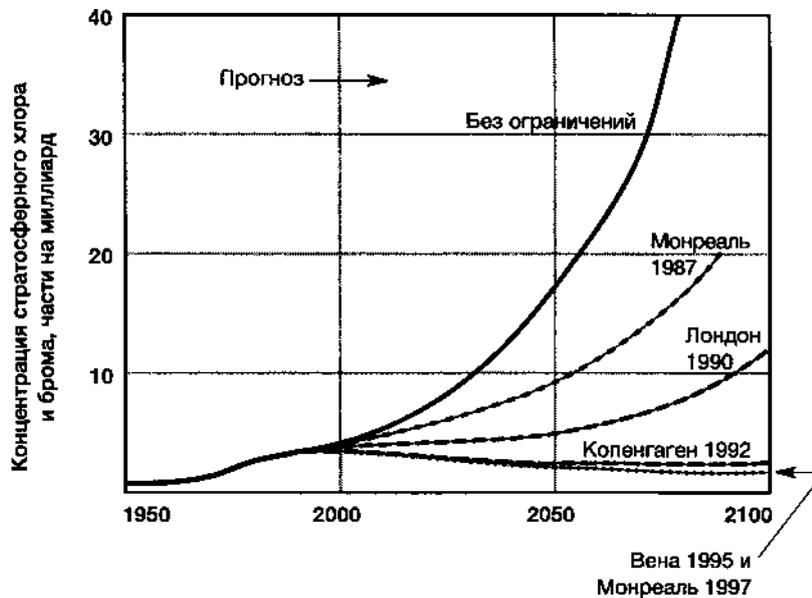


Рис. 5.6. Предполагаемое увеличение концентраций стратосферного неорганического хлора и брома в результате выбросов ХФУ

Зафиксированные и прогнозируемые концентрации хлора и брома в стратосфере при различных условиях: без протокола, в соответствии с первым Монреальским протоколом, в соответствии с более поздними соглашениями. Сохранение производства ХФУ на уровне 1986 г. приведет к продолжению роста концентрации стратосферного хлора вплоть до восьмикратного увеличения к 2050 г. Первый Монреальский протокол требовал ограничить объемы выбросов, но их все еще было достаточно для того, чтобы концентрация хлора росла экспоненциально. Лондонское соглашение определяло свертывание использования большинства видов ХФУ (но не всех), оно по-прежнему позволяло концентрации хлора расти примерно до 2050 г. Последовательные соглашения постепенно снижали допустимые уровни использования соединений, приводящих к высвобождению активного хлора, добиваясь, чтобы прогнозируемые концентрации стратосферного хлора уменьшались, начиная уже с 2000 г. (Источники: WMO; EPA; R.E. Bendick.)

же время были опубликованы материалы, однозначно подтверждающие вину ХФУ. В этот момент компания Дюпон объявила, что начнет сворачивать свое производство ХФУ вплоть до полного прекращения. В 1989 г. США и Евросоюз объявили, что к 2000 г. полностью прекратят производство пяти основных ХФУ. Они призвали все страны мира добиться запрета производства ХФУ, который был предусмотрен Монреальским протоколом: в нем было указано, что периодически должна проводиться переоценка состояния озонового слоя и что при необходимости должны быть приняты более строгие меры.

После еще одной серии переговоров, опять инициированных UNEP, в 1990 г. правительства 92 стран встретились в Лондоне и согласились к 2000 г. прекратить производство всех видов ХФУ. К списку запрещенных веществ добавился метилхлороформ, четыреххлористый углерод и хлорбромуглеводороды (ХБУ), которые тоже разрушают озон. Несколько

развивающихся стран отказывались ставить свои подписи до тех пор, пока не будет создан международный фонд, который позволит им перейти на заменители ХФУ. США отказались вносить средства в такой фонд, и соглашение оказалось под угрозой, однако затем фонд все-таки удалось создать. Ожидаемое изменение концентрации стратосферного хлора (а также стратосферного брома, который тоже приводит к разрушению озона) в соответствии с Лондонским соглашением показано на рис. 5.6.

Весной 1991 года спутниковые измерения показали, что в Северном полушарии тоже происходит истощение озонового слоя, причем темпы уменьшились вдвое выше, чем ожидалось. Впервые было зафиксировано летнее уменьшение концентрации озона над населенными областями Северной Америки, Европы и Центральной Азии - а это означало, что последствия чрезмерного облучения ультрафиолетом могут сказаться и на людях, и на посевах. В конце девяностых годов уменьшение концентрации озона было зафиксировано даже в южных широтах - в Испании.

После получения таких тревожных новостей многие страны, и прежде всего Германия, изъявили готовность прекратить производство ХФУ и ХБУ даже раньше, чем это было предусмотрено Лондонским соглашением. Многие международные корпорации, особенно те, чья сфера деятельности - электроника и автомобилестроение, сделали то же самое. Некоторые развивающиеся страны, например Мексика, заявили, что не будут пользоваться положенным им 10-летним переходным периодом, а присоединятся к тому же строгому графику, что и промышленно развитые страны. Постепенно и другие страны, даже Китай и Индия, последовали этому примеру, так что все мировое производство ХФУ должно полностью прекратиться к 2010 г.

Во время еще одного раунда переговоров, прошедшего в Копенгагене в 1992 г., страны, подписавшие Монреальский протокол, согласились еще больше ограничить производство ХФУ, полностью исключив новое производство ХБУ к 1994 г. и всех ХФУ — к 1996 г., а также запретив распыление почвенного инсектицида метилбромида, мощного разрушителя озона, который на Лондонской встрече даже не обсуждался. Существовавшие в то время атмосферные модели позволяли надеяться, что Копенгагенское дополнительное ограничение позволит вернуть озоновый слой к уровню 1980 г. на 10 лет раньше, чем предполагалось по Лондонским расчетам — не в 2055 г., а к 2045 г. Предполагалось, что совокупные потери озона удастся уменьшить на 28%, что позволит предотвратить 4,5 млн случаев заболевания раком кожи и 350 тыс. случаев наступления слепоты¹⁷. Позже выяснилось, что без Копенгагенского ограничения вообще не удалось бы добиться никакого уменьшения концентрации хлора/брома (см. рис. 5.6).

К 1996 г. участниками дополнительно усиленного соглашения стали уже 157 стран. Больше, пожалуй, добиться уже ничего нельзя. В Монреале в 1997 г. к соглашению были сделаны небольшие дополнения — это была десятая годовщина принятия первого протокола. Комиссия по научной оценке состояния озонового слоя, проведенная в 1998 г. под эгидой Всемирной

метеорологической организации и UNEP (Scientific Assessment of the Ozone Layer, World Meteorological Organization and UNEP)¹⁸, показала, что «основываясь на прошлых выбросах озоноразрушающих веществ и прогнозируемых в будущем максимальных концентрациях согласно Монреальскому протоколу, максимальное истощение озонового слоя придется на ближайшие одно или два десятилетия». Четыре года спустя, в 2002 г., та же комиссия по оценке показала: «Концентрация озона в Антарктиде к 2010 г. начнет увеличиваться. Восстановление уровня 1980 г. ожидается к середине текущего столетия»¹⁹. На период максимального истощения озона (1995—2010 гг.) как-либо повлиять уже нельзя, поскольку ответственные за такое истощение химические соединения к этому времени уже были выпущены в атмосферу и постепенно дрейфовали в ее верхние слои. Сейчас регулярно проводится Конференция стран-участниц Монреальского протокола (Conference of Parties to the Montreal Protocol), на ней соглашения уточняют и дополняют. Например, в 1999 г. в Пекине участники протокола договорились увеличить международный фонд, чтобы оказать финансовую поддержку развивающимся странам и помочь им не выбиваться из намеченного графика. Сейчас к списку добавились и другие вещества, и замена одних озоноразрушающих соединений на другие уже находится под запретом.

К 2000 г. производство всех ХФУ уменьшилось: максимальный объем производства (достигнутый в 1988 г.) составлял более одного миллиона тонн, а сейчас оно уже менее 100 тыс. т в год (см. рис. 5.1)²⁰. Промышленности удалось организовать свертывание производства этих химических соединений со значительно меньшими расходами и потерями, чем кто-либо мог предполагать во время проведения международных переговоров. (Суммарный объем расходов, учитывая стоимость проведения самих переговоров и контроль за исполнением соглашений, составляет порядка 40 млрд дол.)²¹. Поскольку ХФУ одновременно являются еще и парниковыми газами, чье влияние на глобальное потепление в несколько тысяч раз сильнее, чем влияние углекислого газа, запрет на их производство помогает одновременно уменьшить и скорость глобального изменения климата. Менее вредные соединения — заменители, гидрированные ХФУ, все еще производятся, и объемы производства составляют около полумиллиона тонн в год (см. рис. 5.1).

Все это время продолжает поступать информация из стратосферы, пусть даже небольшими порциями. В 1995 и 1996 гг. концентрация озона в стратосфере над Северным полюсом достигла нового исторического минимума. Однажды было зафиксировано падение концентрации озона над Сибирью на 45%. В средних широтах Северного полушария зимой и весной 1998 г. среднее уменьшение концентрации озона составляло от 6 до 7%. В том же 1998 г. озоновая дыра на Южном полюсе была больше и глубже, чем когда-либо ранее²² — но затем и в 2000, и в 2003 гг. эти значения были перекрыты еще более экстремальными величинами. И хотя увеличение

озоновой дыры уже существенно замедлилось, в 2002 г. комиссия по научной оценке состояния озона при Всемирной метеорологической организации (ВМО) все еще не могла «заявить, что область (антарктической) озоновой дыры достигла максимума». Она могла только повторить заявление о том, что «озоновый слой будет постепенно восстанавливаться в течение ближайших 50 лет»²³.

В первые два десятилетия XXI в. озоновый слой будет наиболее уязвим. Если Монреальский протокол и все последующие соглашения будут соблюдаться, если будет остановлено нелегальное производство и если не будет значительных вулканических извержений (которые тоже вносят вклад в истощение стратосферного озона, хотя и в кратковременном масштабе), то озоновый слой практически вернется к своему исходному состоянию к 2050 г.

В этой счастливой истории есть одна ложка дегтя: контрабанда ХФУ. Хотя правительства США и Европы запретили и производство, и импорт производимых сейчас ХФУ, многие граждане этих стран готовы платить большие деньги, чтобы зарядить фреонами кондиционеры в своих машинах и домах. В США на новые ХФУ налагаются высокие акцизные сборы, чтобы таким образом поощрить повторную переработку, и из-за этого цена растет еще больше. Страны, которым по соглашению разрешено производить ХФУ до 2010 г. (в первую очередь это Россия, Китай и Индия), не могут устоять перед такими привлекательными рыночными возможностями. Контрабандисты используют самые разные ухищрения, например, маркируют новые ХФУ наклейками, на которых написано, что это переработанные ХФУ. Судебный департамент США сообщает, что прибыль от нелегального импорта ХФУ превышает прибыль от поставок кокаина. Точные цифры по огромному рынку нелегального импорта ХФУ получить невозможно, оценки варьируются от 20 до 30 тыс. т в год²⁴, но эти значения не так велики только потому, что суммарное производство ХФУ в мире постепенно снижается.

Несмотря на эти и некоторые другие аспекты, мир практически пришел к единому мнению по поводу озоновой проблемы и достиг огромных успехов, принимая конкретные меры. Это заняло более 25 лет, но зато показало, что на выход за пределы вполне можно реагировать правильно.

Пока шли дипломатические переговоры, промышленность разрабатывала способы уменьшения выбросов в окружающую среду уже произведенных ХФУ и создавала соединения - заменители. Проблему можно решить на треть уже только за счет повышения эффективности процессов, это сразу же снижает потребность в ХФУ. Например, в холодильных установках можно улучшить изоляцию, и тогда будет нужно меньше ХФУ. Переработка и повторное использование соединений позволяют снизить выбросы в окружающую среду. Еще треть проблемы решается за счет применения соединений — заменителей, например, гидрированных ХФУ (ГХФУ), озоноразрушающая способность которых гораздо слабее (от 2 до 10%). Их применение планируется запретить к 2030 г., а до того момента у нас есть время, чтобы найти более безопасные заменители. Последнюю треть

проблемы можно решить за счет перехода на технологии, которые вообще не опасны для озонового слоя.

После запрета использования ХФУ в качестве пропеллентов для аэрозолей в 1978 г. производители такой продукции перешли на другие соединения. Большая часть из них вдобавок оказалась дешевле ХФУ. По словам специалиста в области атмосферной химии Марио Дж. Молины (Mario J. Molina): «В 1978, когда в США запретили использовать ХФУ в качестве пропеллентов в аэрозольных баллончиках, эксперты говорили, что множество людей останется без работы. На самом деле этого не произошло»²⁵.

Хладагенты в холодильных установках и кондиционерах воздуха раньше просто выпускали в воздух, когда агрегаты ремонтировали или выбрасывали. Теперь же используют специальные устройства, которые эти хладагенты собирают и очищают, чтобы их можно было использовать повторно. В США повторное использование (а также устранение утечек) поощряется системой налогообложения, делающей повторное использование экономически выгодным. Сейчас важно при повторном использовании не допустить смешивание новых, безопасных соединений — заменителей, со старыми веществами, разрушающими озон.

Компании по производству электронного оборудования, а также предприятия авиастроительной промышленности теперь применяют другие растворители для промывки печатных плат и деталей самолетов, причем некоторые представляют собой просто водные растворы. Некоторые производственные процессы были модернизированы, чтобы этапы промывки вообще не требовались, и это позволило существенно уменьшить затраты. Компании в США и Японии организовали коалицию, чтобы распределить расходы на исследования по модернизации процессов в электронной промышленности по всему миру²⁶.

Химические компании развернули маркетинговые программы, рекламирующие ГХФУ и другие соединения в качестве заменителей ХФУ. Автомобильные кондиционеры теперь заряжают заменителем ХФУ, гидрофторуглеродом (ГФУ), который называется HFC-134a. Дополнительная стоимость таких хладагентов вовсе не 1000—1500 дол. в расчете на каждую машину, как предполагалось раньше, а всего 50—150 дол.

Используемые в качестве изоляции пористые материалы теперь вспенивают другими газами; гамбургеры заворачивают в бумагу или укладывают в картонные упаковки, а не в пластик, использующий ХФУ; потребители, заботящиеся о состоянии окружающей среды, пользуются многоразовыми стеклянными или керамическими чашками вместо одноразовых пластиковых стаканчиков.

Производители срезанных цветов в Колумбии обнаружили, что можно применять смешанные методы борьбы с вредителями, а не стерилизовать почву метилбромидом. Фермеры в Кении для окуливания семян в хранилищах вместо метилбромида предпочли использовать углекислый газ. На плантациях табака в Зимбабве вместо применения метилбромида

организуют ротацию культур. По исследованиям UNEP, в 90% случаев использования метилбромида можно применять другие методы борьбы с вредителями, причем часто это обходится даже дешевле.

Мораль озоновой истории

350 ученых из 35 стран мира под эгидой Всемирной метеорологической организации (World Meteorological Organization) в 1999 г. выпустили совместное заявление о состоянии озонового слоя:

Истощение озонового слоя, вызванное созданными человеком хлор- и бром-содержащими соединениями, будет постепенно исчезать вплоть до середины XXI в., по мере того как эти соединения будут выводиться из атмосферы за счет природных процессов. Такое достижение в области защиты окружающей среды стало возможным только благодаря историческому международному соглашению по ограничению производства и использования озоноразрушающих веществ²⁷.

Из озоновой истории каждый может извлечь множество уроков в зависимости от отличного мировоззрения и политических склонностей. Вот выводы, которые сделали мы сами:

- Очень важно постоянно отслеживать состояние окружающей среды по различным параметрам. Результаты наблюдения должны быть точными и быстро поступать в распоряжение специалистов и широкой общественности.
- Чтобы деятельность человека не вышла за пределы возможностей планеты, необходимо проявлять политическую волю в масштабах всего международного сообщества.
- Для заключения международных соглашений, которые позволили бы избежать ущерба для окружающей среды, обычно требуются не только средства, но и желание смотреть на много лет вперед.
- Странам и их населению не обязательно становиться святыми с целью добиться эффективного международного сотрудничества по важным проблемам. Чтобы начать действовать, не нужно обладать полными знаниями или ждать окончательного научного подтверждения.
- Для решения глобальных проблем вовсе не обязательно создавать «всемирное правительство», нужно просто организовать всемирное научное сотрудничество, обмен информацией в глобальном масштабе, создать международный форум, который мог бы выработать специальные соглашения, и приложить международные усилия по реализации этих соглашений.
- Ученые, технологи, политики, корпорации и потребители в случае необходимости могут реагировать достаточно быстро, но все-таки не мгновенно.
- Пугающие экономические последствия осуществления мер по защите окружающей среды, о которых говорят промышленные производители, чаще всего сильно преувеличены. Они могут говорить это намеренно, в надежде замедлить политические изменения. В остальных случаях это может быть просто недооценкой возможностей для технического прогресса и социальных изменений.
- Когда знания по проблеме не слишком глубоки, соглашения по защите окружающей среды надо формулировать гибко, чтобы их можно было периодически пересматривать и уточнять. Необходимо постоянно отслеживать состояние проблемы, чтобы при необходимости вовремя принимать дополнительные меры и вносить поправки. Никогда не следует считать глобальную проблему решенной раз и навсегда.
- Все действующие лица в озоновой истории были важны, всем им предстоит

играть значимые роли и дальше: инициатор международных переговоров, которым была программа UNEP, правительства отдельных стран, которые взяли на себя роль лидеров, ответственные и умеющие идти на компромисс корпорации; ученые, которые могут и готовы обмениваться информацией с политиками, активисты по защите окружающей среды, которые создают давление, бдительные потребители, желающие изменить свой выбор в пользу экологически чистой продукции, изобретатели и рационализаторы, способные сделать жизнь не только возможной, но и удобной, а деятельность прибыльной, и чтобы она при этом вписалась в рамки допустимой экологической нагрузки.

- И, конечно, на примере озоновой истории мы можем увидеть все аспекты выхода за пределы и возможность катастрофы: экспоненциальный рост, разрушающийся экологический предел, длительные запаздывания отклика, как по физическим причинам. Между первым научным предостережением в 1974 г. и подписанием Монреальского протокола в 1987 г. прошло целых 13 лет. Еще 13 лет прошло между подписанием первого документа и заключением дополнительного соглашения, которое предполагалось окончательно реализовать в 2000 г. Может пройти и еще больше времени, если учесть, что к затягиванию процесса приложили руку те, кто не хочет сотрудничать, нарушает соглашения, занимается контрабандой. На полное выведение хлора из стратосферы после 2050 г. уйдет целое столетие.

Эта история — о выходе за пределы. И о том, как человечество ограничивает свою деятельность, чтобы прийти к устойчивому поведению. Мы надеемся, что она не превратится в историю о катастрофе. Это зависит от того, насколько способен к восстановлению озоновый слой и какие еще неприятные атмосферные сюрпризы могут нас ожидать. Это зависит и от того, насколько успешно ученые и специалисты смогут наблюдать за происходящим, а политики — не допускать исключений из запрета на производство и использование озоноразрушающих веществ. Если все эти условия будут выполнены, то история о возникновении и исчезновении стратосферной озоновой дыры сможет послужить примером для решения проблем с другими глобальными пределами.

ГЛАВА 6

Все, что происходит вокруг, подтверждает, что мы постоянно преувеличиваем роль технологий и недооцениваем важность природных ресурсов... Нам нужно... вернуть то, что мы утратили в торопливых попытках переделать мир: ощущение умеренности, осознание важности ресурсов планеты.
Стюарт Юдалл, 1980

Вид *Homo Sapiens* появился на Земле более 100 тысяч лет назад. 10 тысяч лет назад люди уже умели обрабатывать землю и начали создавать постоянные поселения. Последние 300 лет происходит быстрый экспоненциальный рост численности населения и капитала. За эти несколько столетий было сделано множество изобретений в технологической сфере и изменений в сфере социальной — появились паровой двигатель, компьютеры, корпорации, международные торговые соглашения и многое другое. Все это позволило человеческой экономике преодолеть

некоторые физические и управленческие пределы и продолжить рост. За последние несколько десятилетий разрастающаяся промышленная культура проникла практически в каждое сообщество на планете, и всюду распространила ожидание бесконечного материального роста.

Технология, рынок и выход за пределы

Мысль о том, что у роста могут быть какие-то пределы, для многих людей просто невообразима. О пределах не говорят ни политики, ни экономисты. Для них это просто невыносимо. В культуре укореняется представление о том, что пределов не существует, поскольку везде прививается глубочайшая вера в технологии, свободный рынок и экономический рост как средство от любых проблем, даже если они порождены самим ростом.

Чаще всего модель World3 упрекали в том, что она недооценивала мощь технологий и не учитывала способности свободного рынка адаптироваться к обстоятельствам. Действительно, в исходную модель World3 мы не включали отдельные контуры, описывающие технологический прогресс, который мог бы автоматически решить все проблемы, связанные с экспоненциальным ростом экологической нагрузки. Это было сделано намеренно, поскольку мы и тогда не верили, и сейчас не верим, что такие технологические прорывы могут возникнуть сами собой или в результате саморегуляции свободного рынка. Развитие технологий может быть впечатляющим и даже достаточным, но только если будут приняты определенные решения в социальной сфере и если будут желание и средства воплотить их в жизнь. И даже если все сложится именно так, все равно необходимые технологии будут появляться с существенным

запаздыванием. Таков наш взгляд на мир сегодня, и таким же он был 30 лет назад. Именно этот взгляд нашел отражение в модели \World3¹. Двадцать лет некоторые говорили о пределах роста. Но сегодня мы знаем, что рост — двигатель прогресса. Рост — друг окружающей среды.

Президент Джордж Х.В. Буш (George H.W. Bush), 1992 Вот в двух словах мой прогноз на будущее: материальный уровень жизни продолжит улучшаться для большинства людей, в большинстве стран, практически постоянно и без ограничений. В течение одного-двух столетий все страны и большая часть человечества будет жить так, как сегодня живут в западных странах или даже лучше. Правда, я добавлю: при этом многие люди продолжают утверждать, что условия жизни становятся хуже.

Джулиан Саймон (Julian Simon), 1997 В 1972 году Римский клуб опубликовал доклад «Пределы роста», подвергающий сомнению устойчивость роста экономики и численности населения. «Пределы роста» прогнозировали, что к сегодняшнему дню мы уже будем испытывать нехватку продовольствия, уменьшение численности населения, проблемы с доступностью энергии и уменьшение ожидаемой продолжительности жизни.

Ни одно из этих пророчеств не исполнилось, и нет никаких признаков того, что исполнится в будущем. Так что тут Римский клуб дал маху...

Нефтяная компания Exxon Mobile, 2002

Технический прогресс и рыночная экономика отобразились в структуре модели косвенно, но зато во многих местах. В модели World3 мы предположили, что именно рынок будет распределять ограниченный инвестиционный капитал по различным направлениям, и в основном это будет проходить без запаздываний². Некоторые достижения технологий нашли отражение в модели — например, средства контроля над рождаемостью, замена одних ресурсов другими, зеленая революция в сельском хозяйстве. В некоторых сценариях мы проверяли, к чему приведет ускорение технического прогресса и возможные технологические прорывы в сравнении с обычным ходом развития. Что, если сырье можно будет практически полностью перерабатывать и использовать повторно? Что, если урожайность на единицу площади удвоится еще и еще раз? Что, если выбросы загрязнений будут уменьшаться на 4% в год на протяжении всего текущего столетия?

Даже если так и будет, модель мира все равно показывает стремление к выходу за пределы. Даже если появятся сверхэффективные технологии, а рынок проявит на редкость высокую способность к адаптации — все равно: *если эти изменения будут единственными*, модель построит сценарии, ведущие к катастрофе.

В этой главе мы объясним, почему. Прежде чем начать, мы должны предупредить, что в этой главе разговор пойдет не только о научно установленных фактах, но и о том, что всегда было предметом веры. Если мы скажем, что на технологию и рынок распространяются проблемы с пределами, некоторые читатели могут принять нас за еретиков и просто противников технологий.

Разумеется, это не так. Донелла получила докторскую степень в Гар-

вардском университете, Деннис и Йорген защитили докторские диссертации в Массачусетском технологическом институте. И оба эти учебные заведения считаются признанными лидерами в разработке новых технологий. Все мы очень уважительно относимся к науке, верим в ее возможности и в то, что она способна помочь решить проблемы человечества. Наша собственная работа над последовательными переизданиями этой книги убеждает нас в удивительной силе технического прогресса. В 1971 г. мы печатали текст книги «Пределы роста» на электрических пишущих машинках, графики рисовали от руки, а для работы модели World3 нам потребовалась большая электронно-вычислительная машина коллективного пользования. На генерирование каждого сценария уходило по 10—15 мин. В 1991 г. мы пересмотрели модель, написали новую книгу, подготовили графики и диаграммы и сделали верстку — и все это на персональных компьютерах. Рассчитать сценарий модели World3 за 200-летний интервал удавалось уже за 3—5 мин. В 2002 г. мы уже просчитывали модель World3 на ноутбуках, работали над редактурой текста через Интернет и сохраняли все результаты на компакт-диске. Сейчас на прогон модели нужно всего несколько секунд. Мы полагаем, что подобные технические усовершенствования помогут уменьшить нагрузку на окружающую среду и привести ее в соответствие с пределами планеты, причем с минимальными неудобствами или жертвами со стороны человека.

И мы не пытаемся предать анафеме рыночную систему. Мы понимаем и уважаем возможности рынка. Двое из авторов получили докторскую степень в известнейшей бизнес-школе. Йорген занимает пост президента Норвежской школы менеджмента (Norwegian School of Management) более 8 лет. Деннис был почетным членом Школы бизнеса в Дартмуте (Dartmouth's Tuck School of Business) более 16 лет. Мы заседали в управляющих советах высокоразвитых технологических компаний. Мы по собственному опыту знаем, какие сложности связаны с плановой экономикой и к каким абсурдным ситуациям иногда приводит централизованное планирование. Мы очень рассчитываем на получение от рынка четких откликов и на развитие технологий, поскольку это поможет построить устойчивое общество, эффективное и обеспеченное. Но мы не слепо верим в это, и у нас нет объективных оснований, чтобы ожидать, что технический прогресс или рыночная экономика сами по себе создадут устойчивое общество — они не смогут этого сделать без определенных изменений, без понимания, уважения и сознательного стремления к самоподдержанию.

Наша умеренная вера в технологии и рынок основана на нашем знании поведения систем. Она основана на нашем умении выражать в нелинейных моделях, имеющих обратные связи, что из себя представляют технологии и *что именно* может сделать рынок. Если вы имеете опыт создания конкретных моделей систем, то вместо областей для предположений вы получаете конкретные знания о функциях экономической системы, ее движущих факторах и ограничениях.

В этой главе мы проделаем следующее.

- Опишем обратные связи в рыночной системе и в области технологий так, как мы их понимаем и как они отражены в модели World3.
- Обрисуем компьютерные расчеты, в которых мы пытались справиться с пределами с помощью все более эффективных технологий.
- Объясним, почему стремление к выходу за пределы и к катастрофе все равно проявляется в расчетах.
- И закончим главу, приведя два конкретных примера из жизни (один — про нефть, другой — про рыболовство), из которых совершенно ясно, что ни технологии, ни рыночная экономика вовсе не гарантируют постепенный переход к устойчивому развитию.

Технологии и рыночная экономика в «реальном мире»

Что такое технология в нашем «реальном мире»? Это способность решить любые проблемы? Это физическое воплощение человеческой изобретательности? Это постоянное экспоненциальное наращивание количества продукции, которую можно создать за рабочий час или в расчете на единицу капитала? Это означает не ждать милостей у природы, а брать их? Это контроль одних людей над другими, с использованием природы в качестве инструмента?³ Человеческие стереотипы мышления содержат не только такие представления о технологии, но и многие другие в том же духе.

Что такое рынок в нашем «реальном мире»? Кто-то скажет, что это просто место, где продавцы договариваются с покупателями и устанавливают цены, отображающие относительную ценность определенных благ. Кто-то другой скажет, что свободный рынок — это выдумка экономистов. Тот, кто никогда не имел дела с рынком, свободным от бюрократического управления, придет к выводу, что это некая магическая организация, которая каким-то образом доставляет потребителям неограниченное количество товаров. Рынок — это право и возможность владеть частным капиталом и получать с его помощью прибыль? Или это самый эффективный способ распределения продуктов потребления в обществе? Или это контроль одних людей над другими с использованием денег в качестве инструмента?

Мы думаем, что когда люди говорят о том, что технологии и рыночная экономика могут устранить проблемы с пределами, они имеют в виду примерно следующее.

- Возникает некая проблема, связанная с пределами: истощается некий ресурс или в среде происходит накопление загрязнителя.
- Рыночная цена истощающегося ресурса начинает увеличиваться в сравнении с ценой на другие ресурсы, или же за загрязнитель приходится платить больше, так как растут цены на продукцию или услуги, которые позволяют с этим загрязнением бороться. (И здесь обычно следует признание: рынку все-таки нужны существенные внешние корректирующие воздействия, чтобы отражать стоимость таких экстерналий, как загрязнения.)
- Растущие цены вызывают отклики. Геологам платят за поиск новых месторождений ресурса, биологам — за выведение новых сортов, химикам — за

синтез новых веществ. Недостаток ресурса стимулирует производителей искать ему замену среди более доступных ресурсов, а также организовывать переработку и повторное использование. Потребители начинают использовать меньше продукции, содержащей редкий ресурс, или же ее использование становится более эффективным. Инженеры разрабатывают устройства для борьбы с загрязнением; ищут места для улавливания загрязнителя; модифицируют методы, чтобы загрязнитель вообще не образовывался.

- Эти отклики меняют и спрос, и предложение на рынке, а взаимодействие продавцов и покупателей определяет, какие технологии и схемы потребления решат проблему быстрее всего и при наименьших затратах.
- Наконец проблема «решена». Система преодолела проблему недостатка какого-то ресурса или уменьшила ущерб окружающей среде из-за какого-то загрязнителя.
- Все произошло при затратах, приемлемых для общества, и достаточно быстро, чтобы предотвратить непоправимый вред.

Рассматриваемая модель не описывает отдельно технологии и рынок, она предполагает, что между ними налажено эффективное взаимодействие. Рынок должен дать сигнал о том, что возникла проблема, направить средства на поиск ее решения, а затем среди различных вариантов решения выбрать лучший. Технология необходима для того, чтобы найти конкретные технические решения и воплотить выбранный вариант в жизнь. Совокупность рынка и технологий должна работать эффективно. Без сигналов от рынка технология не начнет работу по поиску. Без технических разработок и изобретений никакие сигналы от рынка ничего не дадут.

Обратите внимание: модель принимает вид отрицательной обратной связи (рис. 6.1) — причинной цепи, которая генерирует изменение, обратное исходному, позволяя решить проблему и восстановить равновесие. Истощение ресурса успешно преодолено. С загрязнением удалось справиться или вообще предотвратить его появление. Общество продолжает экспоненциальный рост.

Мы знаем, что такие адаптивные контуры обратной связи действительно существуют, они очень важны. Подобные контуры включены во многие места модели World3, хотя и не в виде отдельного взятого контура, который назывался бы «технология» и по мановению волшебной палочки решал бы все проблемы. Технологии присутствуют во многих мес-



Рис. 6.1. Контур отрицательной обратной связи

тах в модели, и их влияние многообразное. Например, в модель World3 включено автоматическое улучшение здравоохранения. Эти улучшения и увеличение ожидаемой продолжительности жизни происходят всегда, если только сектор услуг в модели в состоянии выделять на это средства. Контроль над рождаемостью в модели World3 появляется тогда, когда система здравоохранения в состоянии поддержать это и когда предпочтительным становится малый размер семьи. Автоматическое увеличение урожайности тоже включено в модель World3 — оно происходит при условии, что продовольствия недостаточно и что есть средства, которые можно направить на увеличение производства продуктов питания.

Если истощаются невозобновимые ресурсы, экономический блок модели World3 направляет больше капитала на разведку и разработку новых месторождений. Мы предположили, что исходные объемы невозобновимых ресурсов можно израсходовать полностью, но при этом из-за постепенного истощения ресурса его добыча будет становиться все дороже и дороже. Мы также предположили, что невозобновимым ресурсам может быть найдена равнозначная замена, причем без дополнительных затрат и без запаздывания. Поэтому мы свели их все воедино и на отдельные виды не подразделяем.

Изменяя в модели численные значения, мы можем усилить или ослабить те или иные связи между технологиями и рыночной экономикой. Если мы не меняем численные значения, то они в модели соответствуют примерно тому же уровню промышленного производства на душу населения, что и в странах с развитой промышленностью.

В модели World3 потребовалось встроить ряд технологий: здравоохранение, контроль над рождаемостью, улучшение сельского хозяйства, поиск ресурсов и заменителей — все они дают блоку капитала оперативные и точные сигналы. В ответ в соответствующую область немедленно направляется капитал — естественно, при условии, что система располагает для этого достаточным капиталом в промышленности или в сфере услуг. Мы не вводим в систему точные цены, поскольку считаем, что цены выполняют только промежуточную роль в механизме адаптации, который срабатывает мгновенно и с абсолютной эффективностью. Мы представляем этот механизм в виде

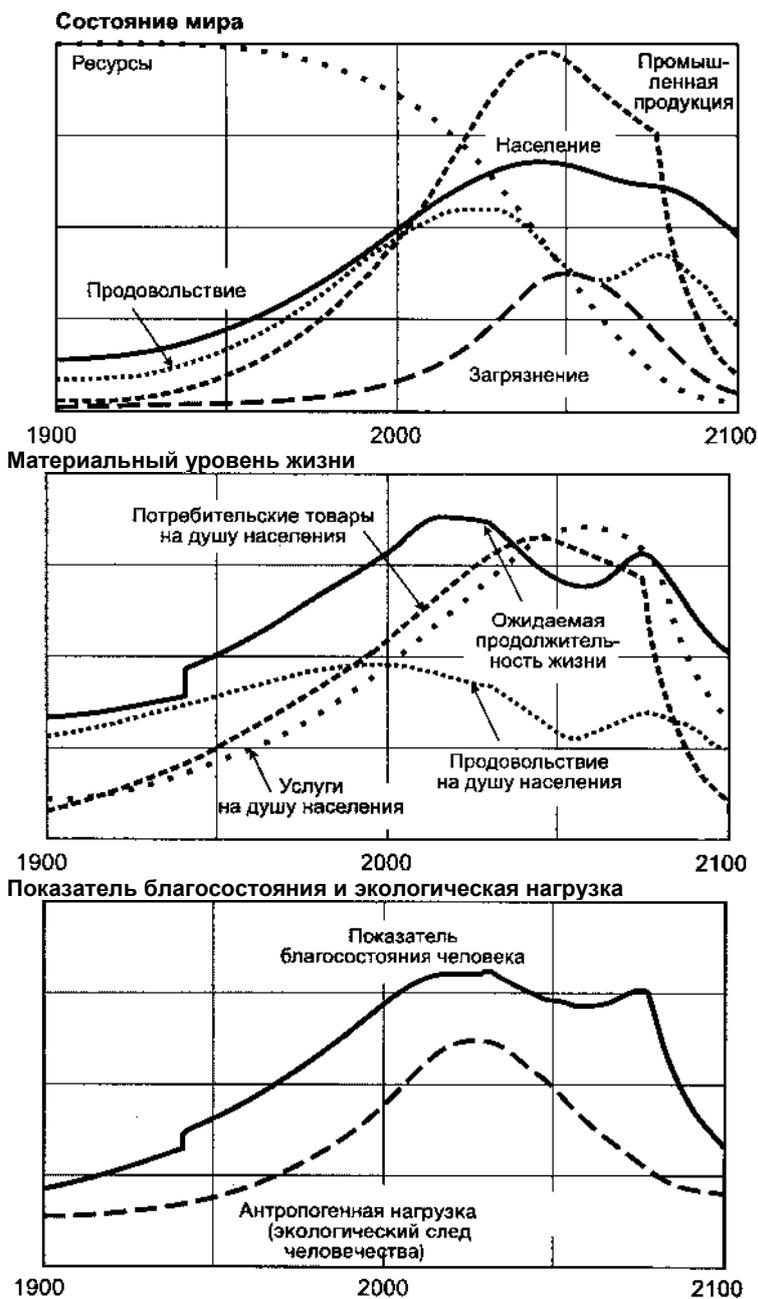
связи (например, «истощение приводит к появлению технического отклика»), в которой нет промежуточного звена — цен. Такое допущение позволяет сгладить множество запаздываний и неточностей, свойственных «реальным» рыночным системам.

Ряд других технологий в модели World3 не отражен, если только мы не встраиваем их в модель специально, чтобы получить конкретный сценарий. Это эффективность использования ресурсов и их переработка, борьба с загрязнениями, необычное увеличение урожайности и борьба с эрозией почв. Когда мы создавали самую первую модель, мы не рассматривали эти технологии и учли их только тогда, когда они получили техническое подтверждение и уже были кем-то внедрены — тем, кто мог себе позволить за это заплатить⁴. Поэтому мы запрограммировали технологии так, чтобы их можно было дискретно активировать в заданный момент времени, который укажет пользователь модели. Например, кто-то может предположить, что весь мир возьмет на себя обязательство повсеместно внедрить повторное использование ресурсов к 2005 г. или везде будут предприняты усилия к уменьшению загрязнений к 2015 г. В текущей версии модели World3 эти варианты представлены в виде «адаптивных технологий», которые постепенно разрабатываются, когда в моделируемом мире возникает потребность в большем количестве ресурсов, в уменьшении загрязнения или в производстве большего количества продовольствия⁵. Однако, эффективность таких технологий остается на усмотрение пользователя модели. Такие технологии, «включаемые» в определенный момент времени, конечно, требуют вложения капитала, и они начинают оказывать влияние не раньше, чем завершится период разработки и внедрения, который обычно составляет 20 лет.

Компьютерная модель удобна тем, что позволяет проверить разные предположения, посмотреть разные варианты будущего. Например, можно взять Сценарий 2 (последний расчет, описанный в гл. 4, в котором рост закончился из-за наступившего кризиса загрязнений) и поин-

Рис. 6.2. Сценарий 3: больше невозобновимых ресурсов, более развитые технологии ограничения выбросов

В этом сценарии предполагается тот же объем невозобновимых ресурсов, что и в Сценарии 2, а также более эффективное ограничение выбросов в окружающую среду, что позволяет снижать количество загрязнений на единицу промышленной продукции максимум до **4%** в год, начиная с 2002 г. Это позволяет достичь значительно более высокого уровня благосостояния для большего количества людей после 2040 г., поскольку негативных последствий от загрязнений меньше. Однако производство продовольствия в конце концов снижается, отвлекая капитал из промышленного сектора и в итоге провоцируя катастрофу.



тересоваться: а что произошло бы, если бы моделируемый мир ответил на

Сценарий 3

рост кривой загрязнения адресными инвестициями в технологии, уменьшающие загрязнение окружающей среды? Сценарий 3, показанный на рис. 6.2, отвечает на этот вопрос.

Расширение пределов с помощью технологий в модели World3

В Сценарии 3 и дальнейших компьютерных расчетах в этой книге мы используем те же увеличенные запасы невозобновимых ресурсов и усовершенствованные технологии добычи, что и в Сценарии 2. В конкретных величинах это предполагает такое количество невозобновимых ресурсов, что в 2000 году их запасов будет достаточно на 150 лет при сохранении той же скорости потребления. На добычу ресурсов ежегодно отводится 5% валового промышленного продукта. Сценарий 2 будет служить нам для сравнения, чтобы можно было определить, какова роль технологий и политических изменений.

Мы вносили изменения в систему по одному: сначала технологии уменьшения выбросов загрязнений, затем технологии повышения урожайности, и так далее, но не в предположении, что мир может внедрять такие технологии только поочередно, а потому, что такое разделение позволяет лучше понять, как реагирует модель на каждое изменение. Даже когда мы сами проводили многочисленные прогоны модели Wbrld3 с целью изучить эффект от внедрения всех трех технологий одновременно, мы сначала вносили изменения по одному, чтобы выявить влияние каждой технологии отдельно, и лишь в конце пробовали, что получится, если осуществить их все одновременно.

Для многих экономистов технология — это отдельный показатель в конкретном варианте уравнения производственной функции Кобба-Дугласа. Этот показатель работает автоматически, без запаздывания, без дополнительных расходов, без ограничений и дает только желаемый эффект. Неудивительно, что экономисты так слепо верят в потенциал технологий для решения проблем человечества! Однако в «реальном мире» нет технологий с такими волшебными свойствами. Технологии, которые нам доступны, направлены каждая на решение конкретной проблемы; все они стоят денег и требуют длительного времени на разработку. После того как их пригодность доказана лабораторными методами, нужно определенное время, чтобы получить ассигнования на внедрение, нанять рабочих, персонал по продажам и обслуживанию, задействовать маркетинговые и финансовые механизмы для повсеместного применения технологий. Часто наряду с полезным эффектом наблюдаются и негативные, неожиданные побочные эффекты, проявляющиеся со временем. А лучшие технологии еще и защищают патентами. Их держатели ревностно следят затем, чтобы за использование платили высокую цену, и часто выставляют дополнительные условия, ограничивающие широкое применение технологий.

В этом сценарии предполагается тот же объем невозобновимых

ресурсов, что и в Сценарии 2, а также более эффективное ограничение выбросов в окружающую среду, что позволяет снижать количество загрязнений на единицу промышленной продукции максимум до 4% в год, начиная с 2002 г. Это позволяет достичь значительно более высокого уровня благосостояния для большего количества людей после 2040 г., поскольку негативных последствий от загрязнений меньше. Однако производство продовольствия в конце концов снижается, отвлекая капитал из промышленного сектора и в итоге провоцируя катастрофу.

В модели World3 невозможно, да и не имело бы смысла представлять технологии во всем их разнообразии. Вместо этого мы учли в модели технологические усовершенствования в конкретных областях — уменьшение загрязнения окружающей среды, использование ресурсов, повышение урожайности — и в каждой ввели три сводных параметра: конечная цель; годовой процент улучшения, достигнутый в самой успешной лаборатории; а также среднее запаздывание между лабораторными экспериментами и широким использованием технологии в реальных условиях. При описании каждого сценария указывалось, какая технология использована. В остальных моделях мы предполагали, что если в системе существует потребность, то лабораторная технология может увеличивать эффективность каждый год максимум на 4%. И мы предположили, что с момента разработки новой технологии в лаборатории до ее повсеместного использования в мировом производстве в среднем проходит 20 лет. Таблица 6.1 показывает, как эти предположения отразились на выбросах стойких загрязнителей в Сценарии 3.

Предположим, что определенное количество сельскохозяйственного и промышленного капитала в 2000 г. приводит к выбросам 1000 единиц стойких химических загрязнений. Если технология ежегодно повышает эффективность на 4%, и если запаздывание повсеместного распространения технологии составляет 20 лет, то в 2020 г. тот же капитал произведет уже только 900 единиц выбросов. К 2040 г. выбросы снизятся практически вдвое, а к 2100 г. составят только 5% от исходного уровня. В модели World3 при использовании соответствующей технологии подобный же результат достигается в отношении повышения урожайности и эффективности использования ресурсов.

В Сценарии 3 мы предположили, что в расчетном 2002 г. (до того, как мировой уровень загрязнений возрастет настолько, чтобы нанести серьезный ущерб здоровью людей или урожайности посевов) мир решил уменьшить загрязнение окружающей среды до уровня середины 1970-х гг. XX в. и систематически направляет средства для достижения этой цели. Выбирается способ борьбы с загрязнениями «на конце трубы», когда выбросы улавливают на месте их появления, но при этом отсутствует модификация производственных процессов, нацеленная на исключение образования загрязняющих веществ. Выбросы уменьшаются в соответствии

с табл. 6.1; для этого необходимо увеличить инвестиции максимум на 20%. К расчетному 2100 г. уровень загрязнения уменьшается до относительно низкого уровня, который был характерен для самого начала XXI в.

В этом сценарии загрязнение нарастает примерно 50 лет, несмотря на специальную программу борьбы с ним, поскольку влияют запаздывание внедрения и продолжающийся рост промышленного производства. Однако степень загрязнения все-таки существенно ниже, чем в Сценарии 2. Оно никогда не достигает уровня, не наносящего вреда здоровью людей, и за счет этого «антизагрязнительного» эффекта эпоха большой численности населения и высокого уровня материального благосостояния продлевается на одно поколение. Хорошие времена заканчиваются в 2080-х гг. — сорока годами позже, чем в Сценарии 2, как показывает показатель благосостояния человека, резко снижающийся в этот период. Загрязнение успевает негативно подействовать на урожайность несколько раньше. Она не снижается сразу же, поскольку уменьшение продуктивности земель частично компенсируется за счет направления в сельское хозяйство дополнительных потоков. В «реальном мире» примером такого явления может служить применение извести для нейтрализации последствий кислотных дождей, использование удобрений для восполнения питательных веществ в почве (обычно их создают почвенные микроорганизмы, но они страдают из-за применения пестицидов), а также организация орошения, чтобы компенсировать недостаток осадков, вызванный изменением климата.

В Сценарии 3 противостоят две тенденции: уменьшение плодородия почвы и увеличение использования сельскохозяйственных химикатов; с расчетного 2010 по расчетный 2030 гг. производство продовольствия поддерживается на постоянном уровне. Тем временем численность населения продолжает расти, поэтому производство продовольствия на душу населения начинает уменьшаться. Несколько десятилетий производство промышленной продукции и услуг позволяет поддерживать достаточно высокий уровень жизни, несмотря на то, что сельское хозяйство требует все больших инвестиций. Затем, чуть позже, инвестиции нужны еще и для снижения уровня загрязнения. В последней трети XXI в. уровень загрязнения снизится настолько, что продуктивность земель восстанавливается. Однако численность населения очень велика, и площадь сельскохозяйственных угодий уменьшается вследствие разрастания городов и в результате эрозии. Более того, во второй половине столетия быстро снижается производство промышленной продукции, поскольку слишком много инвестиций отвлечено от воспроизводства промышленного

Таблица 6.1. Влияние технологии на выбросы стойких загрязнителей в модели World3

Год	Снижение, %
2000	0
2020	10

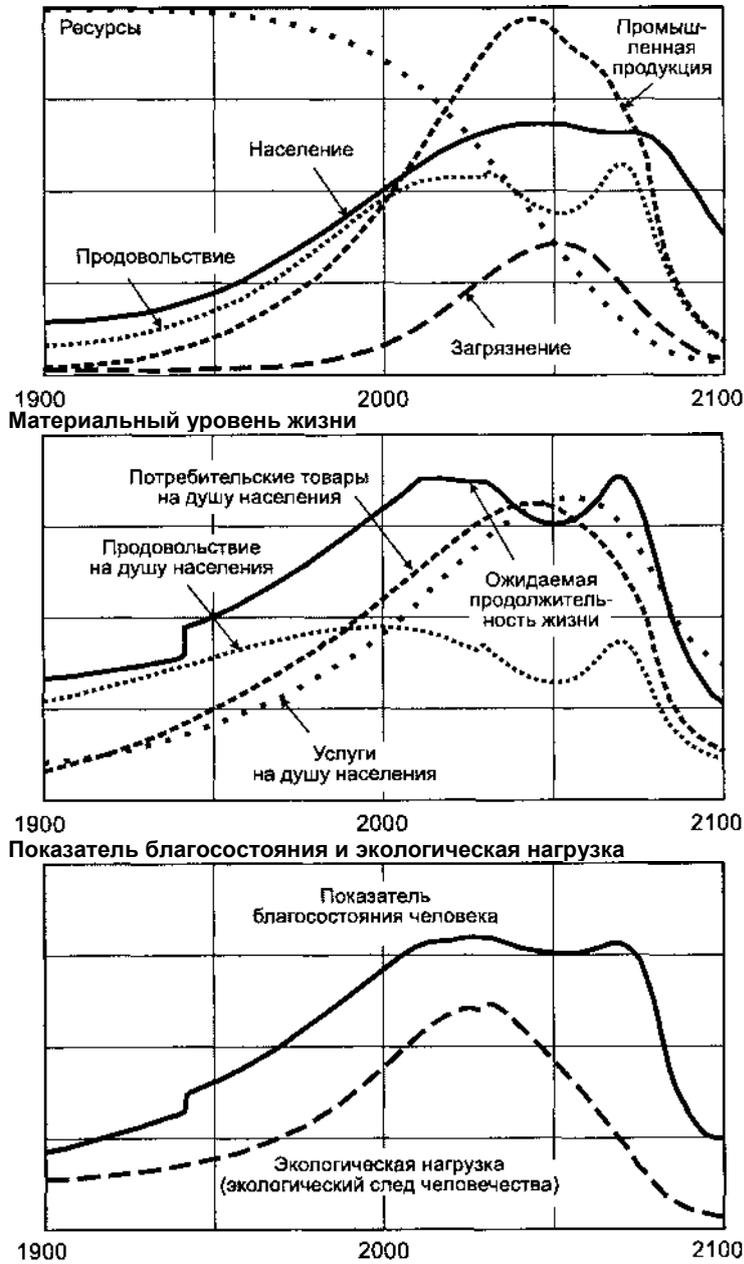
2040	48
2060	75
2080	89
2100	95

Если лабораторные технологии могут ежегодно повышать эффективность на 4%, а за тем внедряться в мировое производство со средним запаздыванием в 20 лет, то выбросы загрязнений в окружающую среду можно быстро уменьшить. В таблице приводятся проценты снижения выбросов, достигнутые в модели World3 в Сценарии 3 после того, как моделируемое население в расчетном 2002 г. пытается уменьшить загрязнение с максимально возможной скоростью, какую только может обеспечить технический прогресс. капитала (амортизация), чтобы направить их в сельское хозяйство и на уменьшение загрязнения окружающей среды. Экономика приходит в упадок еще и из-за нарастающего истощения невозобновимых ресурсов в конце столетия, и в итоге наступает коллапс.

Общество в Сценарии 3 существенно снижает уровень загрязнения, ему удается продолжительное время поддерживать высокий показатель благосостояния человека. Однако в конце концов возникают проблемы с продовольствием. Сценарий 3 можно описать как «кризис продовольствия». Разумеется, в «реальной жизни» можно принять меры к тому, чтобы производство продовольствия поддерживалось на желаемом уровне. Что произойдет, если общество направит все технологические усилия на то, чтобы решить проблему продовольствия? Один из возможных результатов показан на рис. 6.3, в Сценарии 4.

В этом варианте расчета тоже присутствует программа борьбы с загрязнениями — та же, что и в Сценарии 3. Но одновременно, в том же расчетном 2002 г., общество решает принять экстренные меры еще и к преодолению продовольственной проблемы, контуры которой уже вырисовываются в конце 1990-х гг. XX в. Инвестиции переключаются на разработку технологий для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. До широкого внедрения этих технологий на всех фермерских полях мира проходит в среднем 20 лет, а когда есть потребность, то урожайность еще увеличивается на 4% в год, и с тем же запаздыванием. Инвестиции в технологии увеличивают затраты капитала почти на 6% в 2040 г., и на 8% в 2100 г. До 2050 г. значительной прибавки в урожайности нет, поскольку на то время продовольствия и без того достаточно. Однако во второй половине столетия средняя продуктивность значительно возрастает в результате экспоненциальной природы технологического прогресса, заложенного в этот сценарий.

Состояние мира

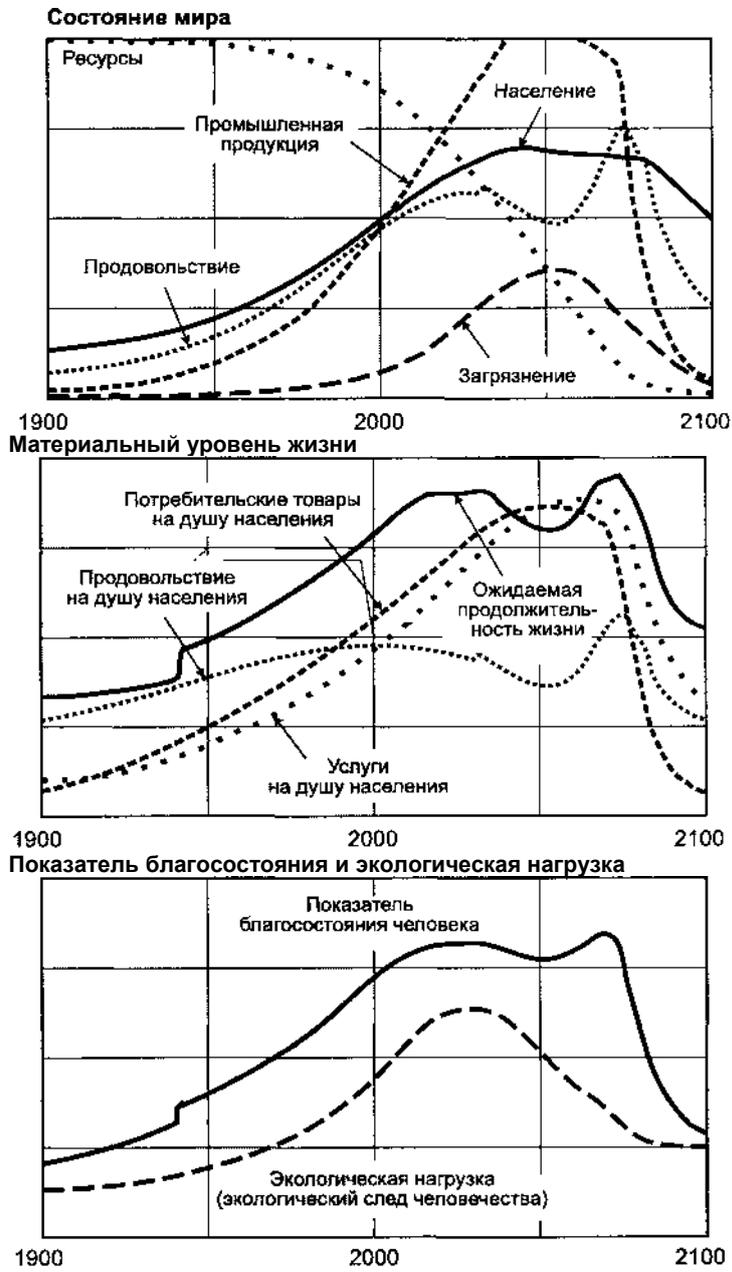


В результате примерно в середине XXI в. имеет место длительный период с высокой численностью населения и высоким уровнем благосос-
Сценарий 5

тояния человека. Новые аграрные технологии помогают увеличить производство продовольствия с 2050 г. (по сравнению со Сценарием 3), но проблему с продуктами питания это не решает, поскольку уменьшение продуктивности и потеря пахотных земель вследствие эрозии и урбанизации в конце концов перевешивает все положительные эффекты от сельскохозяйственных инноваций. Начиная с 2070 г., производство продовольствия снижается. Высокая интенсивность землепользования в этом сценарии приводит к прогрессирующей эрозии земель — не только из-за потерь самого почвенного слоя, но и в результате уменьшения содержания в нем питательных веществ, уплотнения грунта, засоления и других процессов, которые уменьшают продуктивность.

Земель будет оставаться все меньше, и фермерам придется пытаться собрать большой урожай с меньшей площади. Высокая интенсивность использования приводит к еще большей эрозии, в силу вступает контур положительной обратной связи, который ведет к разрушению земель. Сценарий 4 можно назвать «кризисом эрозии земель», который достигает максимума после 2070 г. - когда пахотных земель катастрофически не хватает. С таким кризисом быстро справиться невозможно даже за счет высокоурожайных аграрных технологий. В результате дефицит продовольствия приводит к уменьшению численности населения. Сельскохозяйственный сектор, переживающий большие проблемы, требует все больше и больше капитала и человеческих ресурсов, отвлекая их от других направлений, а ведь в то же самое время капиталовложения остро необходимы ресурсодобывающему сектору. Катастрофа наступает еще до 2100 г. и затрагивает практически все сферы жизни.

Конечно, ни одно здравомыслящее общество не станет использовать такие сельскохозяйственные технологии, которые повышают урожай за счет разрушения земель. К сожалению, в реальной жизни примеров такого поведения масса. В Центральной долине (Central Valley) в Калифорнии земли деградировали в результате засоления, а на землях, расположенных буквально рядом, продолжают применять те же самые методы, чтобы увеличить урожайность. Но давайте, все-таки, предположим, что грядущие поколения будут вести себя более разумно. Пусть в модели **Рис. 6.3.** Сценарий 4: больше невозобновимых ресурсов, более развитые технологии ограничения выбросов и увеличения урожайности земель. Если к модели мира добавить не только технологии ограничения выбросов, но и комплекс технологий для увеличения производства продовольствия на единицу площади сельскохозяйственных угодий, то высокая интенсивность землепользования приводит к быстрому истощению и потере земель. Фермеры мира будут безуспешно пытаться получить все больше продовольствия со все меньших площадей, а это невозможно делать до бесконечности.



включены технологии защиты земель от последствий загрязнения и тех-

Сценарий 5

нологии, позволяющие увеличить продуктивность без негативных последствий. В Сценарии 5 на рис. 6.4 показано, как ведет себя система, в которой такие изменения вступили в силу.

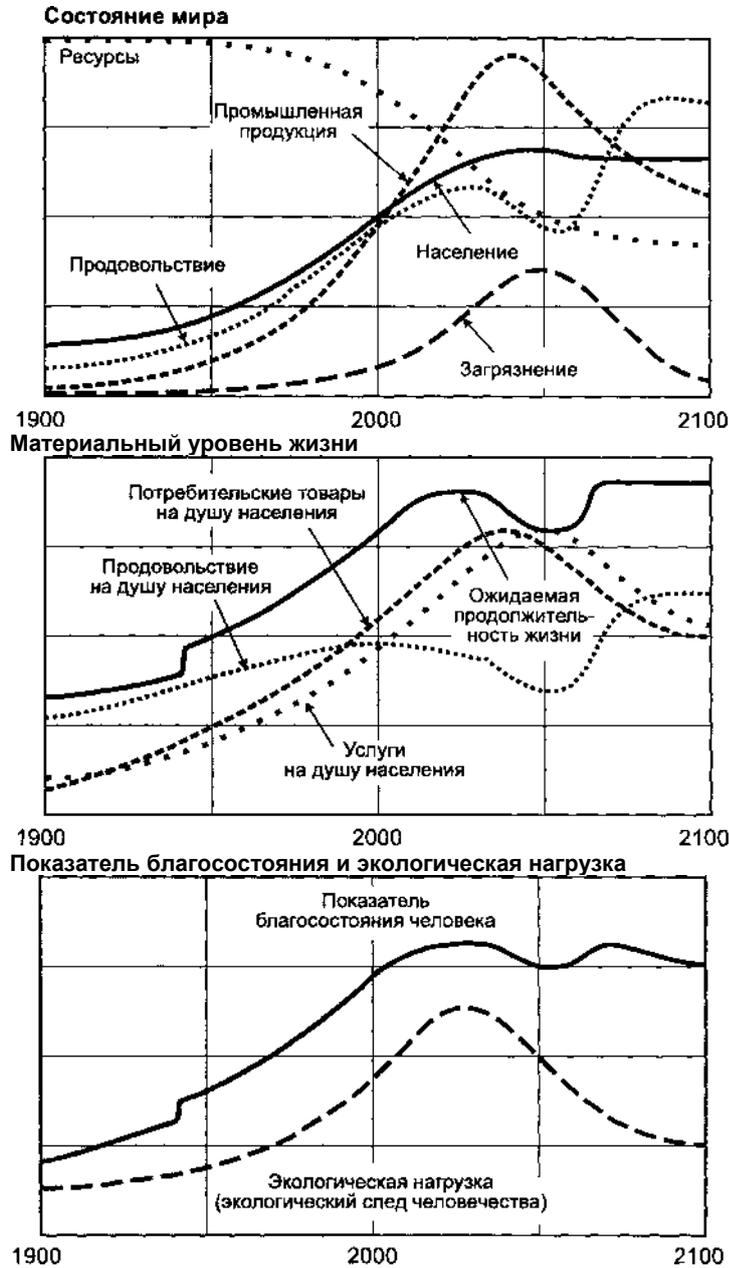
В этом сценарии мы полагаем, что, в дополнение к уже внесенным в систему технологиям уменьшения загрязнения и повышения урожайности, с 2002 г. начинает действовать международная программа борьбы с эрозией земель. Как вы помните, мы предположили, что первые две программы потребуют дополнительных капиталовложений. С третьей программой мы поступили иначе: мы предполагаем, что она не потребует дополнительных инвестиций, так как для ее осуществления нужно просто использовать более бережные технологии ведения сельского хозяйства, продлевая срок жизни почв.

Описываемая программа не дает сколько-нибудь заметных положительных результатов до 2050 г., когда скорости разрушения почв резко снижаются за счет применения более щадящих технологий землепользования. В итоге период высокого благосостояния человека немного продлевается — он тянется даже после 2070 г. Но этот результат неустойчив, и его не удастся удержать долго. В Сценарии 5 катастрофа наступает из-за совпадения кризисов сразу по нескольким отраслям, наступающих практически одновременно: истощаются ресурсы, не хватает продовольствия, затраты необычайно возросли. Примерно до 2070 г. средний показатель человеческого благосостояния остается относительно высоким, несмотря на неприятные колебания параметров, из которых он формируется. Продовольствия в общем хватает (хотя его производство снижается в средней трети столетия), уровень загрязнений терпимый (хотя в той же трети столетия достигает довольно высоких значений), экономика растет (как минимум до 2050 г.), услуги становятся более доступными, ожидаемая продолжительность жизни превышает 70 лет. Однако после 2070 г. затраты на различные технологии, плюс растущие расходы на добычу невозобновимых ресурсов из практически истощенных месторождений, требуют больше капиталов, чем экономика в состоянии дать. Результат — довольно резкий упадок. Сценарий 5 можно назвать комбинацией нескольких кризисов.

Кто-то может спросить, какое из направлений деятельности общества поддастся перегрузке и придет в упадок первым? Допустит ли общество, чтобы произошло разрушение земель, или не успеет за сильным за-

Рис. 6.4. Сценарий 5: больше невозобновимых ресурсов, более развитые технологии ограничения выбросов и увеличения урожайности земель плюс программа защиты земель от эрозии

В этом сценарии к технологиям, повышающим урожайность и снижающим загрязнение, добавляются меры по защите земель от эрозии. В результате катастрофа отодвигается на еще более позднее время и наступает только к концу XXI в.



грязнением среды, или столкнется с нехваткой сырья? Модель World3 предполагает, что добыче сырья и ископаемого топлива будет отдан при-

Сценарий 6

оритет, поскольку они необходимы для поддержания производства промышленной продукции, которая, в свою очередь, необходима для инвестирования в другие секторы экономики. Конкретный выбор и точная схема поведения системы в тот момент, когда капитала на все не хватает, не так уж важны. Мы не претендуем на роль предсказателей того, как поступит мир, если действительно столкнется с такой ситуацией. Нас не интересуют конкретные значения конкретных параметров после того, как произошла катастрофа. Нам важно увидеть, что само наступление катастрофы возможно, что общество *может* с этим столкнуться.

Если последняя капля, вызывающая глобальную катастрофу в Сценарии 5 — это истощение невозобновимых ресурсов, то тогда должна помочь программа ресурсосбережения. Добавим ее к предыдущим технологиям. На рис. 6.5 показан результат: Сценарий 6.

Теперь в моделируемом мире развиваются мощные технологии, одновременно позволяющие уменьшить загрязнение, повысить урожайность, защитить земли и расходовать ресурсы экономно. Все эти технологии требуют капиталовложений, и до момента внедрения всех проходит 20 лет. В совокупности эти технологии должны обеспечить процветание миру с большим населением, пока идиллия не заканчивается из-за того, что все технологии требуют капиталовложений.

В 2002 г. запускается программа, позволяющая снизить потребление невозобновимых ресурсов на единицу промышленной продукции со скоростью до 4% в год. Предыдущие программы остаются в силе: уменьшение загрязнения окружающей среды, повышение продуктивности земель, защита от эрозии. Фактически, все вместе они составляют грандиозную программу XXI в. по увеличению экологической эффективности, и расходы на такую программу тоже грандиозны (они на 20% возрастают к 2050 г. и на 100% — к 2090 г.). Основная цель — значительное уменьшение экологической нагрузки.

Такое мощное сочетание технологий позволяет избежать катастрофы, которая в Сценарии 5 наступила в последней трети XXI в. Однако все эти технологии дают желаемый результат слишком поздно, и это не позволяет избежать постепенного снижения показателя благосостояния человека в последней трети XXI в. Численность населения уменьшается незначительно, но около 2050 г. временно наблюдается довольно серьезное уменьшение ожидаемой продолжительности жизни. Одновременно — **Рис. 6.5.** Сценарий 6: больше невозобновимых ресурсов, более развитые технологии ограничения выбросов и увеличения урожайности земель, программа защиты земель от эрозии и ресурсосберегающие технологии когда уровень загрязнения достаточно высок, чтобы это сказалось на плодородии земель - падает производство продовольствия, но эту проблему в конце концов удается преодолеть, так как дают себя знать результаты технологии увеличения урожайности и уменьшения загрязнения среды. Невозобновимые ресурсы расходуются медленнее, их стоимость остается на достаточно низком уровне. К концу века, в течение которого

произошло столько событий, стабилизовавшаяся численность населения составляет около 8 млрд чел., которые живут в высокотехнологичном мире, где уровень загрязнения не высок, а показатель благосостояния человека примерно такой же, какой был в 2000 г. Ожидаемая продолжительность жизни и производство продовольствия на душу населения больше, доступность услуг такая же, а производство потребительских товаров на душу ниже, чем те же показатели в начале века. Производство промышленной продукции начинает уменьшаться примерно в 2040 г., поскольку капитал отвлекают от реинвестирования в промышленность и направляют на более насущные задачи — защиту населения от голода, среды — от загрязнения, земель — от разрушения. Да и уменьшение невозобновимых ресурсов приводит к отвлечению инвестиций. Вскоре после этого падают производство услуг на душу населения и уровень материального потребления. В конце концов моделируемый мир уже не может поддерживать высокие жизненные стандарты, так как технологии, социальные услуги и потребность в новых инвестициях одновременно становятся для экономики непременно высокими — наступает кризис инвестиций.

Некоторые отклонения

После работы с моделью, компьютерной ли, мысленной ли, всегда полезно сделать шаг назад и напомнить себе, что мы имели дело вовсе не с «реальным миром», а с представлением, которое в чем-то достаточно реалистично описывало прототип, а в чем-то другом — не очень. Суть в том, чтобы понять, какие из особенностей сценариев действительно были похожи на правду. Также важно помнить о том, что полезность модели ограничивается допусками в задании начальных условий и внесенными в нее намеренными упрощениями. Проведя серию расчетов, мы должны остановиться и пересмотреть перспективу.

Мы должны напомнить, что модель World3 не различает богатые и бедные страны мира. Все, что касается голода, истощения природных ресурсов и загрязнения, в модели относится ко всему миру в целом, и мир реагирует на них тоже как единое целое. Такое упрощение делает модель очень оптимистичной. В «реальном мире», где голод в основном охватывает Африку, где кризис загрязнения касается в основном Центральной Европы, где деградация земель затрагивает в основном тропические регионы, если с проблемами будут сталкиваться в первую очередь страны, менее развитые технически и экономически, то принятия мер по решению проблем от них придется ждать очень долго. «Реальный мир» не может отвечать на проблемы с такой же оперативностью, что и модель Wbrld3.

Рынок в модели работает эффективно, а технологии действенны и успешны, не преподносят неожиданных сюрпризов в виде побочных эффектов, так что в этом она тоже очень оптимистична. Она предполагает, что политические решения принимаются без запаздывания и без затрат. Мы также должны помнить, что в модели World3 нет оборонной промышленности, которая отвлекает капитал и ресурсы у производящих от-

раслей. В модели нет войн, в которых гибнут люди, рушится все, что создано человеческими руками, загрязняется земля и образуются загрязнители. Нет этнической напряженности, забастовок, коррупции, ядерных взрывов, эпидемий СПИДа, извержений вулканов, наводнений, землетрясений и неожиданных природных катаклизмов. Так что модель не просто оптимистична, а чрезвычайно оптимистична. Модель описывает «реальный мир» в его самом лучшем, идеализированном представлении.

С другой стороны, некоторые читатели скажут, что технологии в модели слишком ограничены. Они предпочли бы видеть технологии все-ильными, безграничными, действующим практически мгновенно — что-то вроде нашего Сценария 0. Наши предположения о залежах новых ресурсов, о площадях потенциально пахотных земель и о способности среды разлагать загрязнения могут быть очень заниженными. Но могут быть и очень завышенными. Мы пытались сделать их «реалистичными», основываясь на тех данных, что были нам доступны, и на нашем собственном представлении о технических возможностях.

Учитывая все эти неопределенности, мы, разумеется, не должны оценивать полученные в разных сценариях графики количественно. Для нас не так уж важно, что продовольственный кризис в Сценарии 3 наступит раньше, чем кризис ресурсов. Может, они произойдут в другом порядке. Мы не предсказываем, что уменьшение промышленного производства начнется именно в 2040 г., как в Сценарии 6. Имеющихся в нашем распоряжении статистических данных недостаточно для того, чтобы модель Wbrld3 могла делать точные расчеты, да и любой другой модели это не под силу.

В таком случае, что полезного мы можем узнать из результатов моделирования?

Почему технологии и рынок сами по себе не могут предотвратить выход за пределы?

Все проведенные ранее эксперименты с моделью можно объединить общим выводом: нагрузка на среду со стороны человека стремится выйти за допустимые пределы, и в результате происходят события, которые принудительно уменьшают нагрузку. Обычно такое уменьшение связано с понижением жизненных стандартов вследствие нехватки продовольствия, меньшего количества промышленных товаров и услуг в расчете на каждого человека, более высокого уровня загрязнения в окружающей среде. Обычная человеческая реакция — попытаться справиться с таким принуждением в надежде продолжить рост экономики и численности населения.

Из шести уже описанных сценариев можно извлечь один урок: в сложном, конечном мире, даже если вы удалите один предел и продолжите рост, то вы просто столкнетесь с другим пределом. В особенности это касается экспоненциального роста: он столкнется с другим пределом

очень быстро. Существуют уровни пределов. В модели World3 их всего несколько. В «реальном мире» их гораздо больше, причем все они разные, специфические, характерные для одного региона и не характерные для другого. Лишь немногие пределы носят поистине глобальный характер — например, истощение озонового слоя или изменение климата.

Мы предполагаем, что в «реальном мире», если рост будет продолжаться, то разные регионы будут наталкиваться на разные пределы — это будет происходить в разном порядке и в разное время. Но повсюду эти пределы будут последовательными и множественными, и в этом ситуация будет похожа на ту, что нам показала модель World3. Общество, испытывающее в каком-либо регионе напряжение, рассылает сигналы, воспринимаемые повсеместно вследствие усиливающейся глобализации экономики. Глобализация вообще увеличивает вероятность того, что разные страны мира, вовлеченные в торговые отношения, будут сталкиваться с пределами более или менее одновременно.

Приведенные сценарии также показывают, что экологическую нагрузку можно уменьшить за счет развития и использования технологий, которые уменьшают потребность промышленности и сельского хозяйства в энергии и сырье. Если такие технологии применяются повсеместно, они позволяют достичь более высоких жизненных стандартов при той же экологической нагрузке. Это та самая «дематериализация» глобальной экономики, о которой так много говорят сегодня.

Еще один урок состоит в том, что чем успешнее общество преодолевает пределы за счет экономической и технологической адаптации, тем вероятнее оно столкнется с несколькими пределами одновременно. В большинстве прогонов модели World3, включая те, что мы не приводим в книге, мировая система никогда не исчерпывала тот или иной ресурс полностью — это касается и земель, и продовольствия, и ресурсов, и способности среды поглощать загрязнения. Заканчивался не сам ресурс, а способность мира *справиться* с изменившейся ситуацией.

Такая способность «справиться» в модели World3 представлена, говоря очень упрощенно, в виде количества промышленной продукции, доступной каждый год для направления на решение тех или иных проблем. В «реальном мире» на способность «справиться» влияет множество других факторов: количество квалифицированных специалистов; их мотивация; наличие политического внимания и юли; допустимый уровень финансовых рисков; способность различных организаций и институтов развивать, распространять и внедрять новые технологии; эффективность управления; умение средств массовой информации и политических лидеров сосредотачиваться на ключевых проблемах; единодушные избирателей в выборе приоритетов. Важно и то, насколько далеко люди заглядывают в будущее и насколько они способны предвидеть проблемы. Все эти способности со временем можно развить, если осуществлять в это

инвестиции. Но в каждый конкретный момент времени эти способности ограничены. Они могут справиться именно с этим объемом. Если проблемы будут нарастать экспоненциально и разнообразно, то сразу со всеми справиться не удастся, даже если каждая из них по отдельности может быть успешно решена.

Время — это, пожалуй, последний предел в модели World3, и в «реальном мире» тоже, мы в этом уверены. Если бы у человечества времени было сколько угодно, то, по нашему мнению, способность справляться с проблемами была бы практически неограниченной. Рост (и экспоненциальный рост — в особенности) так коварен потому, что время на принятие действенных мер ограничено, и чем дальше, тем оно меньше. Нагрузка на систему растет все быстрее и быстрее, до тех пор, пока не превзойдет способность справиться. Возможно, для более медленных изменений этой способности еще хватало, но в условиях ускорения она раньше или позже обязательно даст сбой.

Существует еще три причины, по которым технологии и рыночная экономика (которые раньше вполне справлялись со своими задачами) не могут решить проблемы общества, несущегося навстречу пределам с экспоненциальной скоростью. Эти причины — цели, расходы и запаздывания. Первая причина состоит в том, что рынок и технологии — это лишь инструменты в достижении цели. Они зависят от этики, которую исповедует общество, и от временных горизонтов, на которые оно ориентируется. Если общество ставит целью эксплуатировать природу, обогащать элиту и игнорировать долговременные перспективы, то оно развивает технологии и рыночные принципы, которые разрушают окружающую среду, увеличивают разрыв между богатыми и бедными и преследуют только краткосрочные цели. Фактически, такое общество развивает технологии и рынок, ускоряющие наступление катастрофы, вместо того чтобы предотвратить ее.

Вторая причина — и это слабость технологий — состоит в том, что любые разработки требуют средств. Затраты на технологию и рынок можно выразить в виде расходов ресурсов, энергии, денег, труда и капитала. Эти расходы нелинейно растут по мере приближения к пределам, и это еще одна причина неожиданностей в поведении системы.

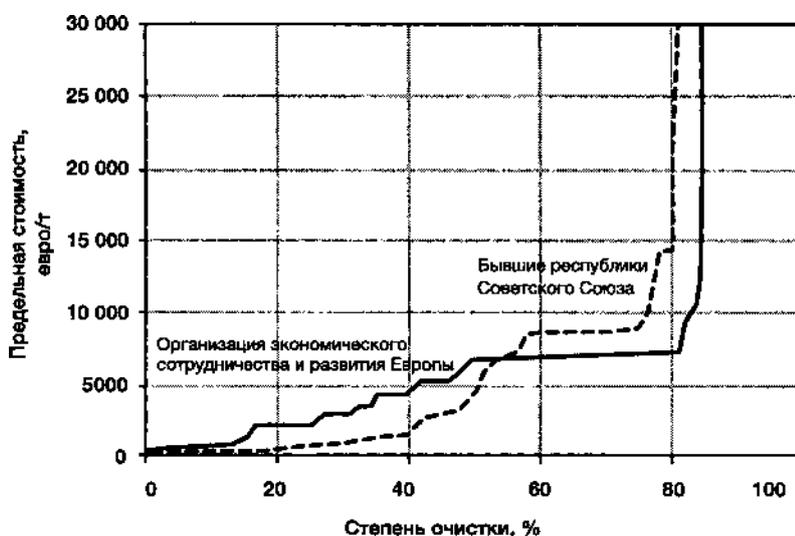


Рис. 6.6. Нелинейный рост расходов на очистку от загрязнений

Загрязнитель воздуха — оксиды азота NO_x — можно извлекать из выбросов по низкой цене до определенного значения, однако для высоких степеней очистки расходы начинают стремительно расти. Кривая предельной стоимости извлечения оксидов азота NO_x рассчитана для 2010 г. для Организации экономического сотрудничества и развития Европы и для бывших республик Советского Союза в евро на тонну извлеченных веществ. (Источник: J.R. Alcamo et al.)

На рисунках 3.19 и 4.7 мы уже показали, как быстро начинают расти объемы отходов и затраты энергии на добычу невозобновимых ресурсов при их истощении. На рис. 6.6 показана еще одна кривая роста расходов: предельная стоимость уменьшения выбросов на тонну оксидов азота. Чтобы предотвратить первые 50% выбросов, средств нужно относительно немного. Чтобы снизить загрязнения до 80%, расходы придется увеличить, но их уровень все еще будет вполне приемлемым. Однако дальше мы сталкиваемся с пределом, пороговым значением, за которым расходы на дальнейшее уменьшение загрязнения становятся непомерными.

Дальнейшее развитие технологий, возможно, сдвинет обе кривые по оси вправо, сделав более высокую степень очистки приемлемой по цене. Возможно, другие технологии смогут полностью исключить выброс дымовых газов, но тогда вместо этого появится другой вид выброса, которому будет соответствовать другая кривая стоимости очистки. В любом случае качественный вид всех этих кривых будет одинаков. Взлет расходов до астрономических высот по мере приближения к 100%-ной очистке (то есть к нулевому загрязнению) имеет очевидные физические причины. Рост числа дымовых труб на заводах и выхлопных труб на транспорте гарантирует, что расходы будут повышаться. Может быть, нам окажется по средствам уменьшить выбросы вдвое в расчете на каждый автомобиль. Но если число автомобилей удвоится, то чтобы поддержать прежнее

качество воздуха, выбросы придется снизить еще в два раза. Уменьшение загрязнения вдвое, проведенное два раза, — это очистка на 75%; проведенное три раза — 87,5%.

В какой-то момент экономика уже не сможет вкладывать столько средств, чтобы добиться очередного увеличения степени очистки. Рост приведет экономику по нелинейной зависимости к той точке, когда дальнейшее увеличение степени очистки станет экономически невозможным — цена будет слишком высока. Здравомыслящее общество, достигнув этой точки, перестает расширять соответствующую деятельность, поскольку это больше не приведет к увеличению благосостояния населения.

Третья причина того, что технологии и рынок сами по себе не могут решить проблемы, состоит в том, что их деятельность определяется контурами обратных связей, информация в которых подвержена запаздыванию и искажениям. Запаздывание откликов рынка и технологий может быть гораздо продолжительнее, чем этого ожидают экономические теории или мысленные модели. Контуров обратных связей «рынок — технологии» сами по себе являются источником выхода за пределы, колебания и нестабильности. Один из примеров такой нестабильности (причем нестабильности, отразившейся на всем мире) — колебания цен на нефть в течение десятилетий после кризиса 1973 г.

Пример несовершенства рынка: колебания на нефтяном рынке

Причин «нефтяного шока», случившегося в 1973 г., много, но основная из них — общемировая нехватка производственного капитала в секторе нефтедобычи (нефтяные скважины и оборудование) в сравнении с капиталом потребления нефти (автомобили, заводские печи и другое оборудование, использующее нефть в качестве топлива). В начале 1970-х гг. нефтяные скважины по всему миру работали практически на пределе мощности, на уровне свыше 90%. Именно поэтому случившийся на Ближнем Востоке политический переворот, который привел к прекращению всего лишь малой толики мировой добычи нефти, не удалось компенсировать увеличением добычи в каком-либо другом регионе. Такое положение позволяло ОПЕК, Организации стран-экспортеров нефти, повысить цены, что они тут же и сделали.

Этот ценовой скачок, а также еще один, последовавший в 1979 г. по тем же причинам (см. рис. 6.7), вызвал целый ряд экономических и технических откликов. В сфере нефтедобычи были увеличены число нефтя-



Рис. 6.7. Использование производственных мощностей стран-участниц ОПЕК и мировые цены на нефть

Поскольку в 70-х гг. XX в. производственные мощности ОПЕК были задействованы почти полностью, небольшие перебои в поставках нефти неожиданно привели к большим ценовым скачкам. За резким ростом цен последовали колебания, но произошло это лишь десятью годами позже. Колебания привели к экономической нестабильности по всему миру — она вызывалась и увеличением цен, и их снижением. (Источник: EIA/DoE.)

ных скважин и их нефтеотдача, причем произошло это в регионах, не подконтрольных ОПЕК. Стали разрабатываться месторождения, которые раньше считались экономически невыгодными или слишком бедными. Геологическая разведка, вскрытие и разработка месторождений, начиная от бурения новых скважин и заканчивая строительством нефтеперерабатывающих заводов и танкеров по перевозке нефти, потребовали времени.

Между тем потребители ответили на рост цен более экономичным потреблением. Компании, использующие автомобильный парк, стали заказывать более экономичные марки автомобилей. Люди устраивали дополнительную теплоизоляцию домов, чтобы сэкономить на отоплении. Электрические компании позакрывали генераторы, работающие на нефти, и перешли на угольные или ядерные технологии. Правительства организовали различные программы энергосбережения и продвигали разработку альтернативных источников энергии. Такие отклики тоже заняли годы. В конце концов это привело к долговременным изменениям в структуре мирового капитала.

Приверженцы рыночной экономики, судя по всему, верят, что рынок всегда реагирует мгновенно. Однако мировому нефтяному рынку потребовалось почти десять лет, прежде чем понемногу начало стабилизироваться соотношение спроса и предложения. В результате установился баланс на более низком уровне потребления при более

высоких ценах. К 1983 г. мировое потребление нефти в сравнении с максимумом 1979 г. упало на 12%⁶. Поскольку на тот момент капитал в нефтедобывающей отрасли стал слишком велик, ОПЕК пришлось принудительно ограничить объемы добычи, уменьшив их примерно на 50%. Мировые цены на нефть поползли вниз, а затем в 1985 г. обрушились, и примерно до конца 1990-х гг. продолжали постепенно снижаться (в фактических долларовых ценах).

Поскольку цены резко взлетели вверх, падать им предстояло тоже резко. Поскольку нефтедобывающие предприятия даже пришлось закрывать, а нефтедобычу принудительно ограничивать, не было никакого смысла продвигать экономичные технологии, и их забросили. Проекты более экономичных автомобилей отложили в долгий ящик. Инвестиции в альтернативные источники энергии иссякли. Этим тенденциям удалось набрать такую силу, что это создало условия для очередной потери равновесия и следующего ценового скачка. Может быть, сегодняшние высокие цены на нефть — это как раз и есть следующий скачок, он набрал силу после смены тысячелетий.

Такие выходы за пределы и возвращение в рамки пределов — неизбежные последствия запаздывания на нефтяном рынке. Они вызывают перемещение по миру огромных капиталов, появление колоссальных долгов и сверхприбылей, быстрые подъемы, банкротства, банковские кризисы — и все это результат попыток привести в соответствие относительные объемы капитала как производственного, так и обеспечивающего потребление нефти. Ни один из этих скачков цен на нефть не был связан с истощением ее запасов на планете — оно еще не наступило, вновь открываемые запасы пока только растут. Не были они связаны и с влиянием нефтедобычи на окружающую среду — бурением, транспортировкой, переработкой и сжиганием нефти. Ценовой сигнал на рынке в основном свидетельствовал о временном недостатке или переизбытке уже добытой нефти.

По многим причинам сигналы нефтяного рынка до сих пор не позволили миру определить, где находятся физические пределы использования нефти. Правительства стран-производителей стремятся увеличить цены; они могут намеренно исказить информацию о запасах, переоценивая их для того, чтобы получить большую квоту на добычу. Правительства стран-потребителей стремятся удержать цены на возможно низком уровне. Они могут исказить информацию о запасах, переоценивая их для того, чтобы уменьшить влияние отдельных производителей нефти. Колебания цен могут увеличиваться из-за спекуляций. И уже добытая, готовая к потреблению нефть гораздо больше влияет на цены, чем нефть, которая еще находится в недрах земли и будет добыта только в будущем. В долговременной перспективе рынок слеп, он не обращает внимания на конечные источники и стоки, пока не

подойдет к пределу вплотную, а тогда принимать решения уже поздно.

Сигналы от экономики и отклики от технологии могут приводить к серьезным последствиям, и нефтяной пример хорошо это иллюстрирует, вот только к глобальной системе они не имеют прямого отношения — только косвенное, и потому не могут дать обществу никакой информации о физических пределах.

Под конец мы еще хотим напомнить о целях, для достижения которых используются технологии и рыночная экономика. И то, и другое — всего лишь инструменты. Им не присущи мудрость, предусмотрительность, умеренность, сочувствие или сострадание, во всяком случае, не больше, чем бюрократическим системам, которые люди создают для использования технологий и экономики. Результаты, которые дают миру технологии и рынок, зависят от того, кто и для чего их будет использовать. Если они используются для поддержания несправедливости, неравенства, насилия, то так оно и будет. Если они используются для достижения нереальных целей, вроде постоянного физического роста на конечной планете, то в конце концов они дадут сбой. Если с их помощью пытаются достичь достойных целей и устойчивого развития, то они могут принести конкретную пользу. В следующей главе мы покажем, как это может происходить.

Технологии и рыночная экономика, управляемые и используемые для достижения общих целей в долговременной перспективе, принесут миру огромную пользу. Когда мир решил обойтись без ХФУ, технология через несколько десятилетий позволила реализовать это. Мы не думаем, что можно создать устойчивое, обеспеченное, справедливое общество без технического творчества, изобретательности, предпринимательства и относительно свободного рынка. Но мы также не думаем, что их будет для этого достаточно. Чтобы сделать наш мир устойчивым, понадобятся и другие способности и качества человека. Без этих способностей технический прогресс и рынок будут только мешать переходу к самоподдержанию и ускорять истощение важных ресурсов. Именно это произошло с океаническим рыболовным промыслом.

Технологии, рынок и разрушение рыболовной отрасли

Помню, я вылавливал 5000 фунтов рыбы восемью сетями. Теперь для этого нужно ставить сетей восемьдесят. Раньше треска средней величины, выловленная весной, весила от 25 до 40 фунтов. Сейчас — только 5—8.

Рыбак, ведущий промысел в районе Джорджес-Банк, 1988

Вас интересует треска? Так я вам скажу: все, нет ее больше.

Канадский рыбак Дэйв Моллой (Dave Molloy), 1997

Современная история мирового рыболовного промысла — иллюстрация того, как технология и рынок могут неадекватно реагировать на прибли-

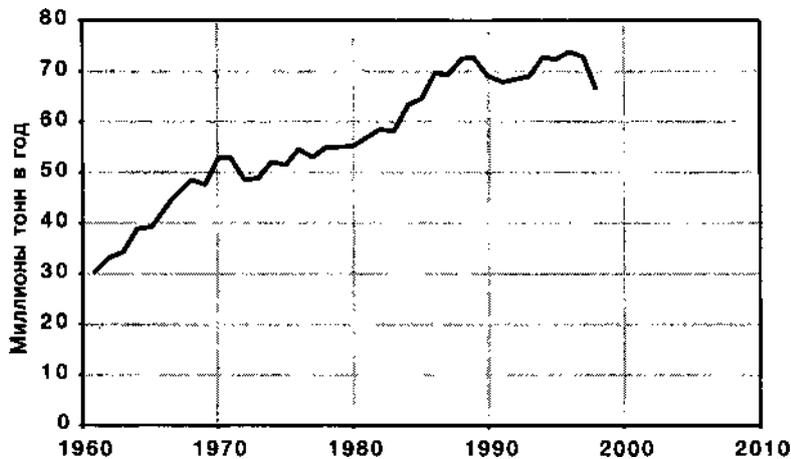


Рис. 6.8. Мировой вылов рыбы

Суммарный мировой улов рыбы значительно вырос в период с 1960 по 1990 г. Однако в последнее десятилетие XX в. мировой улов перестал расти. (Источник: FAO.)

жение к пределам. В случае с мировой рыболовной отраслью свою роль сыграло привычное сочетание: отрицание пределов; усилия, направленные на сохранение прежних объемов вылова; изгнание иностранных рыболовецких судов; субсидии местным рыбакам; нерешительные социальные меры. В некоторых случаях — как произошло с зонами лова трески у восточного побережья Канады — социальные меры были приняты слишком поздно, и ресурс спасти не удалось.

Попытки регулировать работу отрасли постепенно охватили все основные зоны лова. Эра «открытых морей» закончилась. Пределы стали очевидны и приобрели для мирового рыболовства решающее значение. Истощение ресурса и принятие мер привели к тому, что мировой вылов рыбы перестал расти. В 90-е гг. XX в. мировой вылов морской рыбы колебался на уровне 80 млн т в год⁷ (рис. 6.8). Только через много лет можно будет точно сказать, являлся ли этот уровень устойчивым или это было началом катастрофы. В начале 1990-х гг. Организация ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (FAO) предполагала, что Мировой океан не в состоянии обеспечить устойчивый улов на уровне более 100 млн т в год, если применять обычные методы, а это больше, чем вылавливалось в 1990-е гг.

Неудивительно, что в этот период значительно возросло разведение рыбы на рыбных фермах. В 1990 г. такие фермы давали только 13 млн т рыбы в год, сейчас — уже 40 млн. В настоящее время треть всей потребляемой в мире рыбы выращена на рыбных фермах. Не правда ли, это счастливый пример эффективности рынка и технологий? Разве расширение рыбных ферм не иллюстрирует способность технологий и рынка решать все проблемы? На самом деле нет, и тому есть три причины. Ловля рыбы

раньше была источником продовольствия, а теперь отрасль превращается в сток, потому что эту рыбу надо чем-то кормить. Рыба и другие морские формы жизни раньше составляли рацион питания бедняков, теперь же они попадают на стол все больше к богатым. В дикой природе рыбные косяки составляют органичную часть среды, они экологически нейтральны, в то время как рыбные фермы наносят среде ощутимый ущерб.

Во-первых, океанские рыбные «пастбища» — истинный источник продовольствия для человечества. Рыба «нагуливает» вес, питаясь растительной пищей, и приобретает отличный вкус. Рыбные фермы — это не чистый источник продовольствия, он скорее преобразует один вид продовольствия в другой, и потери на каждой стадии неизбежны. Как правило, выращенную на ферме рыбу откармливают зерном или специальным кормом, приготовленным из рыбы. Во-вторых, рыба раньше была важным источником продовольствия для бедных людей, она была доступна в местном масштабе и либо с минимальными финансовыми затратами, либо вообще без затрат. Артели, работающие вместе неполный рабочий день, могли с помощью несложных приспособлений добыть достаточно продовольствия для собственного потребления. Рыбные фермы, напротив, нацелены на обслуживание рынка и получение высоких прибылей. Выращенные на ферме лосось или креветки идут на стол богатым людям, а не беднякам. Вдобавок, проблему усугубляет разрушение прибрежных зон лова. Многие местные запасы уничтожаются, а цены на оставшиеся начинают расти, поскольку продукция уходит к удаленным потребителям, на другие рынки. В результате рыба все меньше доступна бедным слоям населения. В-третьих, разведение на фермах рыбы, креветок и других водных форм жизни создает большую нагрузку на окружающую среду. Рыбным фермам сопутствуют такие негативные явления, как попадание выращиваемых видов в окружающую среду, где их раньше не было; просачивание отходов и антибиотиков в морские воды; распространение вирусов; разрушение прибрежных заболоченных территорий и т. д. Все эти последствия не случайны, это результат работы рыночных принципов. И раз такие последствия никак не влияют на рыночные цены на рыбу или на доходы, то так все и будет продолжаться.

По оценкам FAO в 2002 г. примерно в 75% океанических зон мирового лова объемы вылова были на пределе самоподдержания или даже превышали его⁸. В девяти из девятнадцати мировых рыболовных зон объемы вылова превышали нижний предел, предположительно обеспечивающий устойчивость рыбной популяции.

Несколько заметных событий иллюстрируют серьезные проблемы, которые испытывает мировая рыболовная отрасль. Как мы уже говорили, в 1992 г. правительство Канады запретило у восточного побережья весь промысел, включая ловлю трески. Он оставался под запретом и в 2003 г., поскольку запасы рыбы еще не восстановились. В 1994 г. вылов

лосося у западного побережья США был резко сокращен⁹. В 2002 г. четыре прикаспийских государства договорились, наконец, о мерах по защите осетровых рыб, дающих знаменитую черную икру, но только после того как годовой улов упал с 22 тыс. т в 1970 г. до 1 тыс. т в конце 1990-х гг.¹⁰. Популяции голубого тунца, особи которого обычно живут по 30 лет и набирают вес до 700 кг, за двадцать лет с 1970 по 1990 г. сократились на 94%. Суммарный улов рыбы в норвежских территориальных водах поддерживается на прежнем уровне только за счет того, что начался вылов менее ценных пород рыбы, в то время как лов более ценных видов прекращен.

С другой стороны, десятилетний мораторий на вылов позволил восстановиться в норвежских водах популяции сельди и трески, подтверждая тем самым, что негативные тенденции можно преодолеть, если вести правильную государственную политику. Это служит примером для Европейского Союза, который пытается ограничить размеры своего рыболовецкого флота. Рыболовецкие суда Евросоюза все больше смещаются из европейских территориальных вод в зоны лова относительно бедных развивающихся стран, отбирая рабочие места и источник продовольствия у местного населения. Нет никаких сомнений в том, что мировая рыболовная отрасль вплотную подобралась к глобальным пределам.

В то время как примерно до 1990 г. мировая рыболовная отрасль наслаждалась свободой и надежностью рынка, в промышленности происходил необыкновенный прорыв в технологиях. Рыболовецкие суда с холодильными установками на борту (рефрижераторные сейнеры-траулеры) позволяли постоянно держать флот в зонах лова, а не возвращать его в порт с ежедневным уловом. Радарные установки, гидролокаторы и системы слежения со спутника приводят суда к скоплениям рыбы с беспощадной эффективностью. Дрифтерные сети длиной под 50 км позволяют даже в глубоководной зоне вести лов с высокой прибылью. В результате вылов рыбы выходит за пределы устойчивости в большинстве зон лова. Вместо того, чтобы защищать рыбные ресурсы и увеличивать запасы рыбы, применяемые человеком технологии стремятся выловить всю рыбу до последней (рис. 6.9).

Хотя большинство людей интуитивно понимают, что это ведет к чрезмерной эксплуатации рыбных ресурсов, рынок не дает обратной связи, которая скорректировала бы эти тенденции и обузда деятельность морских рыболовных компаний. Наоборот, рынок активно поощряет тех, кто опередил всех и наловил больше¹¹. Если он подаст сигнал об истощении ресурсов, то есть если цены на рыбу повысятся, богатые люди смогут эту цену уплатить. В Токио в начале 90-х гг. цена на голубо-

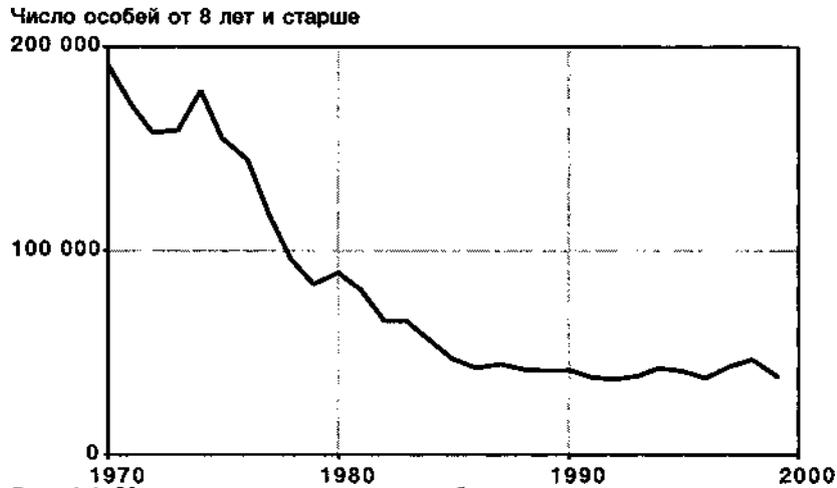


Рис. 6.9. Уменьшение популяции голубого тунца

За последние 30 лет популяция приходящего на нерест голубого тунца в западной Атлантике (особи старше 8 лет) уменьшилась на 80%. Поскольку этот вид рыбы имеет большую ценность, ее промысел продолжается. (Источник: ICCAT.)

го тунца на рынке суши достигала 100 дол. за фунт.¹² В Стокгольме в 2002 г. цена на треску — обычный продукт питания для беднейших слоев населения — достигла немыслимого уровня в 80 дол. за фунт.¹³ В результате такие высокие цены только стимулируют продолжение лова, и чем больше истощается рыбная популяция, тем больше этот стимул. Но при этом повышение цены замедляет рост спроса и смещает его: эту рыбу теперь потребляют те, кто в состоянии за нее заплатить, что очень печально для той части населения, в чьем рационе она была основным продуктом питания.

Игроки на рынке, энергично уничтожающие ресурсы, убийственно рациональны. То, чем они заняты, имеет смысл, поскольку поощряется обществом. И даже больше: существующая система вынуждает игроков к такому поведению. Вина лежит не на отдельных людях, а на системе в целом. Нерегулируемая рыночная система, управляющая общим ресурсом с медленной скоростью восстановления, неизбежно приведет к выходу за пределы и к разрушению сообществ.

Вы полагаете, что китобойная промышленность — это организация, которая заинтересована в поддержании поголовья китов? На самом деле лучше рассматривать ее как огромное количество [финансового] капитала, который пытается получить наибольшую прибыль. Если китов можно истребить за 10 лет и получить при этом прибыль в 15%, либо поддерживать их поголовье и получить при этом прибыль в 10%, значит, киты исчезнут через 10 лет. А денежные средства после этого просто направят на уничтожение других видов ресурсов¹⁴.

Защитить ресурс могут только политические меры определенного типа, а их принять нелегко. И совсем не обязательно, что эти меры будут

работать эффективно. Недавние исследования показали, что чрезмерная эксплуатация может проявляться и при частной собственности на возобновимые ресурсы, когда «трагедия сообществ» явно ни при чем¹⁵. Выход за пределы наступает просто из-за того, что информация о состоянии ресурсной базы — например, оценка запасов, объемы вылова, скорость роста — неточна или искажена, а может, просто отличается от традиционного представления и не вписывается в привычные методы принятия решений. Обычный результат в этом случае — чрезмерное накопление капитала в добывающей отрасли и чрезмерная эксплуатация ресурса.

Традиционные рыночные принципы и технологии поставили мировую рыболовную отрасль на грань краха. Даже если этих принципов и технологий станет больше, они не помогут оздоровить систему. Не учитывая концепцию пределов, рыночные принципы и технологии ведут к выходу за них. Если же они будут использоваться в ограниченных масштабах, под присмотром регулирующих организаций, тогда рыночные силы и технический прогресс могли бы обеспечить мировой рыболовной промышленности постоянно высокий улов на протяжении жизни многих поколений.

Выводы

Экспоненциальный рост численности населения, капитала, использования ресурсов и уровня загрязнения на планете продолжается. Его побуждают попытки разрешить самые острые проблемы человечества, от безработицы и нищеты до потребности во власти, социальном признании и самореализации.

Экспоненциальный рост может быстро выйти за любой постоянный предел. Если с одним пределом удастся справиться, то экспоненциальный рост вскоре натолкнется на следующий.

Вследствие запаздывания в обратных связях от пределов, мировая экономическая система стремится преодолевать пределы, обеспечивающие устойчивое развитие. На самом деле для многих источников и стоков, очень важных для мировой экономики, выход за пределы уже состоялся.

Технологии и рыночные принципы работают с запаздыванием и в условиях недостатка информации, поэтому они только усиливают тенденцию экономики к выходу за пределы.

Технологии и рыночные принципы обычно ориентируются на удовлетворение нужд самой сильной части общества. Если основная цель — рост, то они генерируют его столь долго, сколько смогут. Если бы основными целями были справедливость и устойчивое развитие, то они могли бы служить именно этим целям.

Если численность населения и экономика вышли за физические пределы планеты, то возможны только два пути: либо неизбежная катастрофа (вызванная нехваткой тех или иных ресурсов и цепью кризисов), либо контролируемое уменьшение экологической нагрузки в результате

осознанного выбора общества.

В следующей главе мы расскажем о том, что произойдет, если технические усовершенствования будут сопровождаться осознанными действиями общества по ограничению роста.

ГЛАВА 7

Устойчивое состояние потребует меньшего потребления природных ресурсов, но гораздо более высоких моральных качеств.

Герман Дейли, 1971

На сигналы о том, что потребление ресурсов и выбросы загрязнений вышли за пределы, обеспечивающие устойчивое развитие, человечество может отреагировать тремя способами. Первый — отрицать или искажать сигналы, и это может принимать самые разные формы. Одни люди заявляют, что по поводу пределов не надо беспокоиться вовсе, что рынок и технологии автоматически решат любые проблемы. Другие утверждают, что никакие попытки уменьшить выход за пределы предпринимать не надо до тех пор, пока не будет проведено подробное дополнительное исследование. Третьи тем временем пытаются переложить последствия собственного выхода за пределы на кого-нибудь другого, кто находится дальше в пространстве или во времени. Например, можно делать так.

Такие действия не только не помогут решить проблемы, которые возникают из-за чрезмерной экологической нагрузки, но и сделают ситуацию хуже.

Второй путь — смягчить давление со стороны пределов с помощью экономических или технических мер. Например, можно:

- Ограничивать количество загрязнений в расчете на километр пути или на киловатт вырабатываемой электроэнергии.
- Использовать ресурсы более эффективно, перерабатывать и использовать их повторно; вместо невозобновимых источников задействовать возобновимые.
- Дублировать функции окружающей среды, например, перерабатывать сточные воды, бороться с наводнениями, контролировать плодородие почв, затрачивая на это силы, время и деньги.

Эти меры крайне важны. Многие из них обеспечивают более высокую экологическую эффективность, они отодвигают наступление пределов, позволяя выгадать время. Однако они не устраняют причины проблем. Если километр пути создает меньше загрязнения, но самих этих километров больше, или если сточные воды обрабатываются до более высокой степени очистки, но их объемы возрастают, то проблемы только отодвигаются на более позднее время, но не решаются.

Третий путь — разобраться в причинах возникновения проблем, сделать шаг назад и признать, что социально-экономическая система человечества с ее теперешней структурой неуправляема, выходит за пределы, стремится к катастрофе и что поэтому структуру системы *необходимо изменить*.

В словосочетании *изменить структуру* для многих кроется зловещий подтекст. Такие обороты очень любили применять революционеры, когда имели в виду отстранение правящих слоев от власти, причем иногда это приводило к кровопролитию. Некоторые люди воспринимают это словосочетание как изменение *физической структуры*: сначала разрушить до основания старое, а затем на его месте построить новое. Или же они могут иметь в виду изменение структуры власти, иерархии, цепи инстанций. Учитывая такой смысловой подтекст, для тех, кто наделен экономической или политической властью, изменение структуры может казаться делом очень сложным, опасным, угрожающим их положению.

А вот на системном языке изменение структуры не имеет ничего общего со свержением власти, разрушением хозяйства или бюрократического аппарата. На самом деле, если выполнить любое из этих действий без реальных изменений в структуре, то это приведет только к тому, что уже другие люди будут тратить столько же или даже больше времени и денег, чтобы достичь тех же целей, что и раньше — уже в новых зданиях или организациях, но с получением прежних результатов.

Говоря системным языком, изменение структуры означает изменение структуры обратных связей, информационных связей в системе: содержания и своевременности поступления данных, с которыми работают

элементы системы; целей, идей, стимулов, затрат, факторов, поощряющих определенное поведение или препятствующих ему. Те же самые сочетания людей, организаций и физических структур могут вести себя совершенно иначе, если элементы системы, ее действующие лица, будут иметь для этого побудительные причины и возможность изменяться, пусть даже в виде поощрения извне. Со временем система, благодаря новой информационной структуре, изменит также свою физическую и социальную структуру. Могут быть приняты новые законы, созданы новые организации, разработаны новые технологии, люди приобретут новые навыки, будут располагать новым оборудованием или зданиями. Такие преобразования не обязательно должны управляться из единого центра, они могут носить не запланированный, а естественный эволюционный, радостный и вызывающий восхищение характер.

Волна изменений под влиянием новых системных структур распространяется самопроизвольно. Оно вовсе не требует жертв или принуждения силой, за исключением, возможно, тех случаев, когда лица, преследующие личные интересы, намеренно утаивают, искажают или ограничивают важную информацию. В истории человечества было несколько важнейших структурных преобразований. Самыми глубокими из них были сельскохозяйственная и промышленная революции. Обе они были основаны на новых *идеях того*, как можно получать продовольствие, использовать энергию и организовывать труд. На самом деле все, что будет описано в следующей главе, — это следствие прошлых успешных преобразований, которые привели мир к необходимости следующего преобразования, называемого переходом к устойчивому развитию.

World3 невозможно заставить отобразить динамику системы, изменяющей свою структуру. Зато World3 можно использовать для проверки некоторых простейших изменений, которые могут произойти, если общество решит вернуться в пределы устойчивости и поставит себе более стабильные и разумные цели, чем постоянный материальный рост.

В предыдущей главе мы использовали World3 для того, чтобы посмотреть, как мир отреагирует на *численные* (не структурные) изменения. Мы задавали модели более высокие пределы, уменьшали запаздывание, усиливали и ускоряли факторы технического прогресса, ослабляли эрозию. Если вместо этого исключить все структурные ограничения - пределы, запаздывание, эрозию, то можно полностью избежать выхода за пределы и наступления катастрофы (как показано в Сценарии 0, «Бесконечность на входе, бесконечность на выходе»). Но пределы, запаздывания и процессы эрозии — это физические свойства планеты. Люди могут пытаться их ослабить или усилить, воздействовать на них с помощью технологий, приспосабливаться к ним, меняя стиль жизни, но отменить законы природы никто не в силах.

Именно структурные причины выхода за пределы (с которыми люди вполне могут совладать и которые мы не меняли в гл. б) ответственны за положительные обратные связи, генерирующие экспоненциальный рост численности населения и физического капитала. Это нормы, цели, ожидания, побудительные мотивы, стимулы и цены, заставляющие людей желать большего, чем простого воспроизводства себе подобных. Это глубоко заложенные в человеческое общество вера и традиции, заставляющие тратить природные ресурсы расточительнее, чем деньги; распределять доходы и блага несправедливо; видеть себя в первую очередь в качестве потребителей и производителей; связывать положение в обществе с накоплением материальных или финансовых ценностей; ставить себе целью взять как можно больше, а не дать больше или иметь достаточно.

В этой главе мы изменим контуры положительных обратных связей, вызывающие экспоненциальный рост в мировой системе. Мы проанализируем, как выйти из состояния превышения пределов. Для этого мы посмотрим на систему с другой точки зрения, концентрируясь не на том, как технологии могут отодвинуть пределы, а на том, какие цели и ожидания вызывают рост. Мы начнем с изменения только этих положительных обратных связей, не внося изменений в параметры, которые мы проверяли в предыдущей главе, а затем изменим в системе одновременно и то, и другое.

Осознанное ограничение роста

Предположим, что начиная с 2002 г. все семейные пары в мире осознают, что дальнейший рост численности населения неблагоприятно отразится на уровне жизни их собственных и других детей. Предположим, что все люди получают от общества гарантии признания, уважения, материального благополучия, обеспеченной жизни в старости независимо от того, сколько в семье детей. Предположим также, что в обществе будет принято растить каждого ребенка, обеспечивая ему правильное питание, достойное жилье, здравоохранение и образование. Предположим, что в результате всех этих мер все семейные пары решили ограничиться в среднем двумя детьми в семье - имеются в виду выжившие дети — и что всем парам будут доступны методы контроля над рождаемостью, которые позволяют обеспечить достижение этой цели.

Такие преобразования в обществе повлекли бы за собой изменения во взглядах людей на затраты и выгоды от того, сколько в семье детей. Расширились бы временные горизонты, появилась бы какая-то забота о благосостоянии и других людей. Возникли бы новые представления об ответственности, выборе, возможностях. По сути, это было бы изменение структуры системы, эквивалентное (хотя и не в точности) сложившемуся в богатых странах мира ограничению рождаемости пределом воспроизводства или ниже его. Имеется в виду не волшебное изменение, а сознательный выбор репродуктивного поведения людей, сделанный достаточно давно примерно миллиардом населения в промышленно раз-

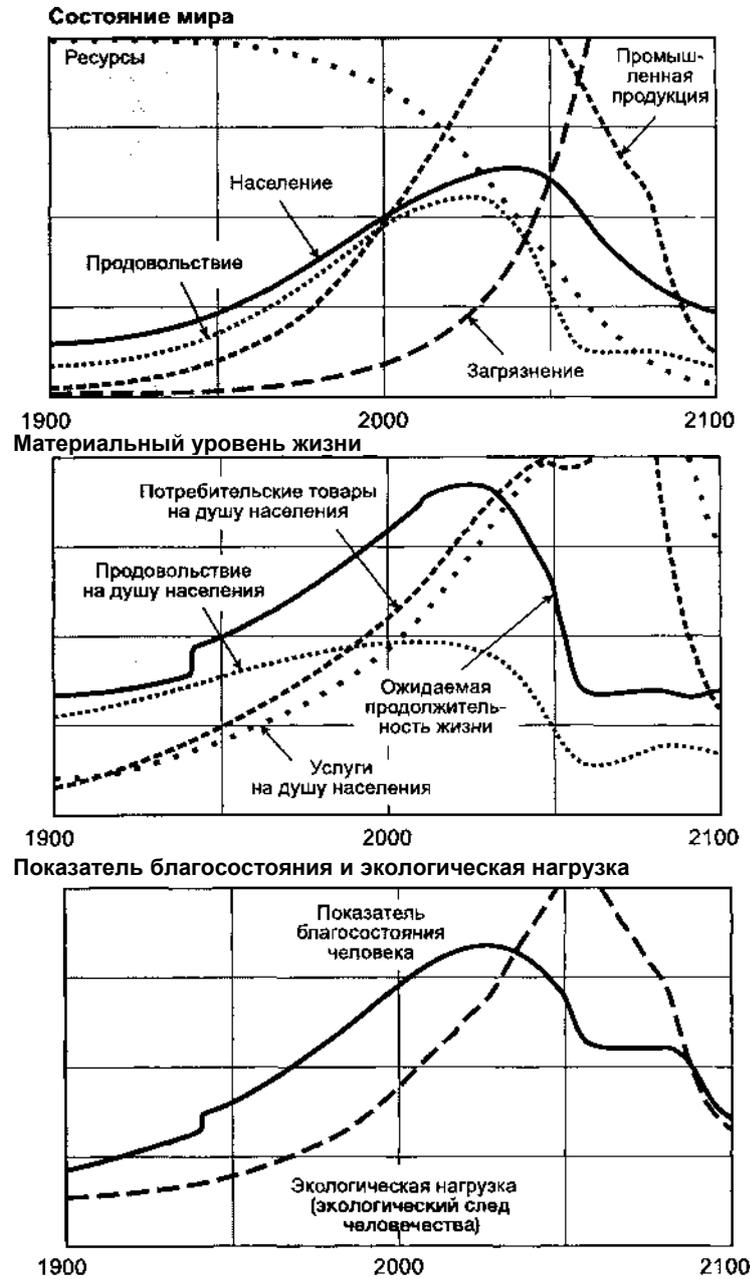
витых странах.

Если в модель World3 внести только это изменение и никаких других, то будут получены результаты, показанные на рис. 7.1 в Сценарии 7.

Чтобы получить этот сценарий, мы с расчетного 2002 г. задали желаемый средний размер семьи при расчете численности населения (двое детей) и 100%-ную эффективность контроля рождаемости. В результате рост численности населения мира в модели замедлился, но инерция возрастной структуры привела к тому, что население росло вплоть до 2040 г., достигнув максимума 7,5 млрд человек. Эта максимальная численность населения на полмиллиарда меньше, чем в Сценарии 2. Таким образом, эффективная политика ограничения рождаемости во всем мире двумя детьми в семье, введенная с 2002 г., позволяет снизить максимум меньше чем на 10%. Объяснение состоит в следующем: даже если бы такая политика не проводилась, в мире все равно на пороге тысячелетий быстро устанавливается расчетный уровень жизни, при котором предпочтителен маленький размер семьи, а эффективность контроля над рождаемостью действительно приближается к 100%.

В уменьшении максимальной численности населения есть плюсы. Поскольку рост населения замедлился, производство потребительских товаров и продовольствия на душу населения, а также ожидаемая продолжительность жизни становятся выше, чем в Сценарии². В момент максимума численности населения в расчетном 2040 г. производство потребительских товаров на душу выше на 10%, продовольствия — на 20%, продолжительность жизни — почти на 10% больше, чем в Сценарии 2. Это происходит потому, что для поддержки меньшего населения нужно меньше инвестиций в потребительские товары и в сектор услуг, что позволяет направить больше средств в рост промышленного капитала. В результате производство промышленной продукции растет быстрее и достигает больших значений, чем в Сценарии 2. К 2040 г. производство промышленной продукции на душу населения в сравнении с уровнем 2000 г. возрастает вдвое. Население в модели существенно богаче, чем в начале века, а период с 2010 по 2030 гг. можно назвать «золотым веком» — с высоким уровнем благосостояния для многочисленного населения.

Но промышленное производство достигает пика в 2040 г. и затем идет на спад, причем примерно с такой же скоростью, что и в Сценарии 2 и в точности по тем же самым причинам. Большой промышленный капитал создает больше загрязнений, что отрицательно влияет на сельскохозяйственное производство. Приходится отвлекать капитал в аграрный сектор, чтобы поддержать производство продовольствия. Несколько позже, в расчетном 2050 г., уровень загрязнения становится столь высоким, что отрицательно отражается на ожидаемой продолжительности жизни лю-



дей. В итоге модель мира переживает «кризис загрязнения», при котором

Сценарий 7

высокие уровни загрязнения отравляют земли, и это приводит к нехватке продовольствия для людей.

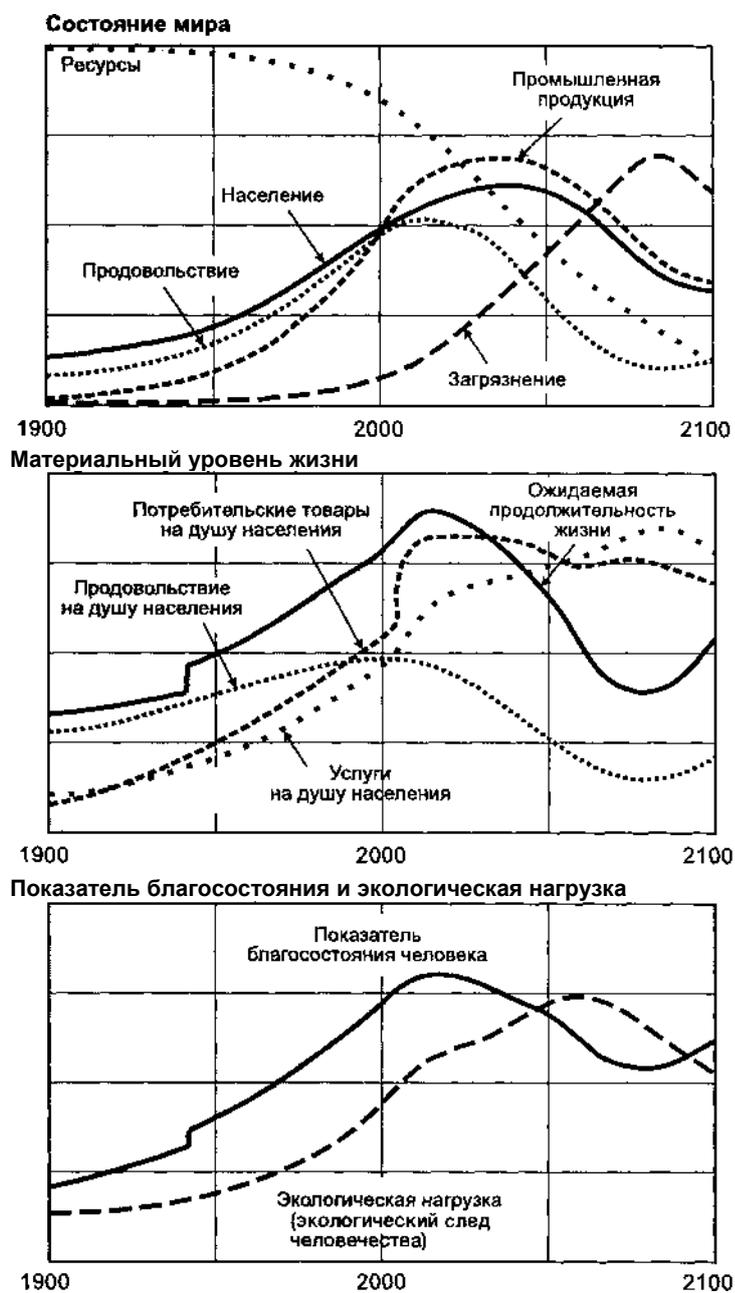
Таким образом, при уровнях пределов и технологий, использованных в Сценарии 7, и при отсутствии ограничений материального потребления мир не в состоянии поддержать население даже в 7,5 млрд человек. Избежать катастрофы за счет стабилизации только численности населения невозможно. Продолжающийся рост капитала так же неустойчив, как и рост населения. Каждый из этих факторов, если их не ограничивать, может привести к такому увеличению экологической нагрузки, которое превышает потенциальную емкость планеты.

Но что произойдет, если мировое население решит ограничить не только число детей в семье, но и материальное потребление? Что будет, если люди поставят себе целью достичь жизненных стандартов, не подразумевающих излишества? Данное гипотетическое изменение в структуре не в такой степени прослеживается в современном мире, как ограничение числа детей в семье, однако это нельзя назвать чем-то немислимым — в мире уже есть тому примеры¹. Стремление к умеренности можно увидеть практически в любой религии мира, это изменение не в физическом или политическом мире, а в головах и сердцах людей. Меняются цели деятельности, понимание смысла жизни. Добиться таких изменений — значит установить новую систему ценностей, в которой место человека в обществе, его жизненный статус и цели не связаны со стремлением к бесконечному увеличению производства или накоплению материальных благ.

В Сценарии 8, показанном на рис. 7.2, каждая семья в моделируемом мире точно так же предпочитает иметь двух детей, технологии планирования семьи точно так же эффективны, но появляется новое понятие *достаточности*. Мир решил, что количество промышленной продукции на душу населения *для каждого жителя планеты* будет вполне достаточным, если на 10% превысит среднее значение, характерное для 2000 г. На практике это означает огромный шаг вперед для бедных стран мира и довольно серьезное изменение в схемах потребления для богатых стран. Моделируемый мир заодно решил достичь указанный уровень производства продукции при меньших инвестициях, отдавая предпочтение тако-

Рис. 7.1. Сценарий 7: мир с 2002 г. принимает меры к стабилизации численности населения

В этом сценарии предполагается, что после 2002 г. все семейные пары решают ограничиться двумя детьми в семье и что они имеют доступ к эффективным технологиям ограничения рождаемости. Из-за инерции, заложенной в возрастной структуре населения, численность его продолжает расти в течение еще одного поколения. Однако более медленный рост населения позволяет быстрее расти промышленному производству, пока рост не останавливается из-за возросшего загрязнения, как было в Сценарии 2.



му капитальному оборудованию, которое служит на 25% дольше обычного. Средний срок жизни **Сценарий 8** этого капитала возрастет с 14 до 18

лет, капитала сферы услуг - с 20 до 25 лет, а потоков, направляемых в сельскохозяйственный сектор - с 2 до 2,5 лет.

Результаты моделирования показывают, что эти изменения вызывают существенный рост производства потребительских товаров и услуг на душу населения в первое же десятилетие после 2002 г. Эти показатели растут быстрее и достигают больших значений, чем в предыдущем сценарии, в котором промышленный рост не ограничивался. Так происходит потому, что для инвестирования в промышленный рост требуется меньше капитала, а также меньше капитала уходит на амортизацию, поскольку его срок жизни возрос. Из-за этого на производство потребительских товаров сразу же отводится большой капитал. В результате за три десятилетия с 2010 по 2040 гг. такое гипотетическое общество достигает достойного (хотя и без роскошества) материального уровня жизни для каждого.

Однако экономика такого общества не очень стабильна. Экологическая нагрузка превышает уровень устойчивости, поэтому экономика после 2040 г. переживает продолжительный спад. В Сценарии 8 миру удастся поддерживать население более 7 млрд чел., при том что уровень жизни на протяжении 30 лет, с 2010 по 2040 гг., был вполне достойным. Производство потребительских товаров и услуг на душу населения в сравнении с уровнем 2000 г. возрастает примерно на 50%. Суммарное производство продовольствия достигает максимума примерно к 2010 г., однако затем неуклонно снижается в результате загрязнения окружающей среды, которое продолжает нарастать многие десятилетия. Чтобы замедлить снижение производства продовольствия, в сельское хозяйство инвестируется все больше и больше средств. Некоторое время капитал для этого есть, поскольку его не приходится направлять в промышленность для достижения большего ее роста. Но постепенно потребности в капитале становятся такими большими, что индустриальный сектор с этим справиться не может, и в итоге происходит спад.

Модели общества в этом компьютерном расчете удастся достичь и поддерживать желаемый уровень материального благосостояния в течение почти 30 лет, однако в этот период непрерывно деградируют окружающая среда и почвы. Ограниченное потребление, ограниченный размер

Рис. 7.2. Сценарий 8: мир с 2002 г. стремится к стабильной численности населения и стабильному объему производства на душу населения. Если в моделируемом обществе семья ориентирована на двух детей и довольствуется фиксированным производством промышленной продукции на душу населения, то «золотой период» относительно высокого благосостояния человека удастся продлить в сравнении со Сценарием 7, где он начался в 2020 и закончился в 2040 г. Однако загрязнение все сильнее сказывается на сельскохозяйственных ресурсах. Производство продовольствия на душу населения уменьшается, приводя в какой-то момент к снижению ожидаемой продолжительности жизни и уменьшению численности населения.

семьи и сознательность общества сами по себе не гарантируют устойчивости: если эти меры предприняты слишком поздно, если система уже вышла за пределы, то они не помогут. Чтобы система была по-настоящему устойчивой, миру в Сценарии 8 необходимо не только ограничить рост, но и принять другие меры. Необходимо уменьшить экологическую нагрузку до уровня устойчивого равновесия окружающей среды. Социальная перестройка обязательно должна сопровождаться соответствующим технологическим прорывом.

Ограничение роста плюс усовершенствованные технологии

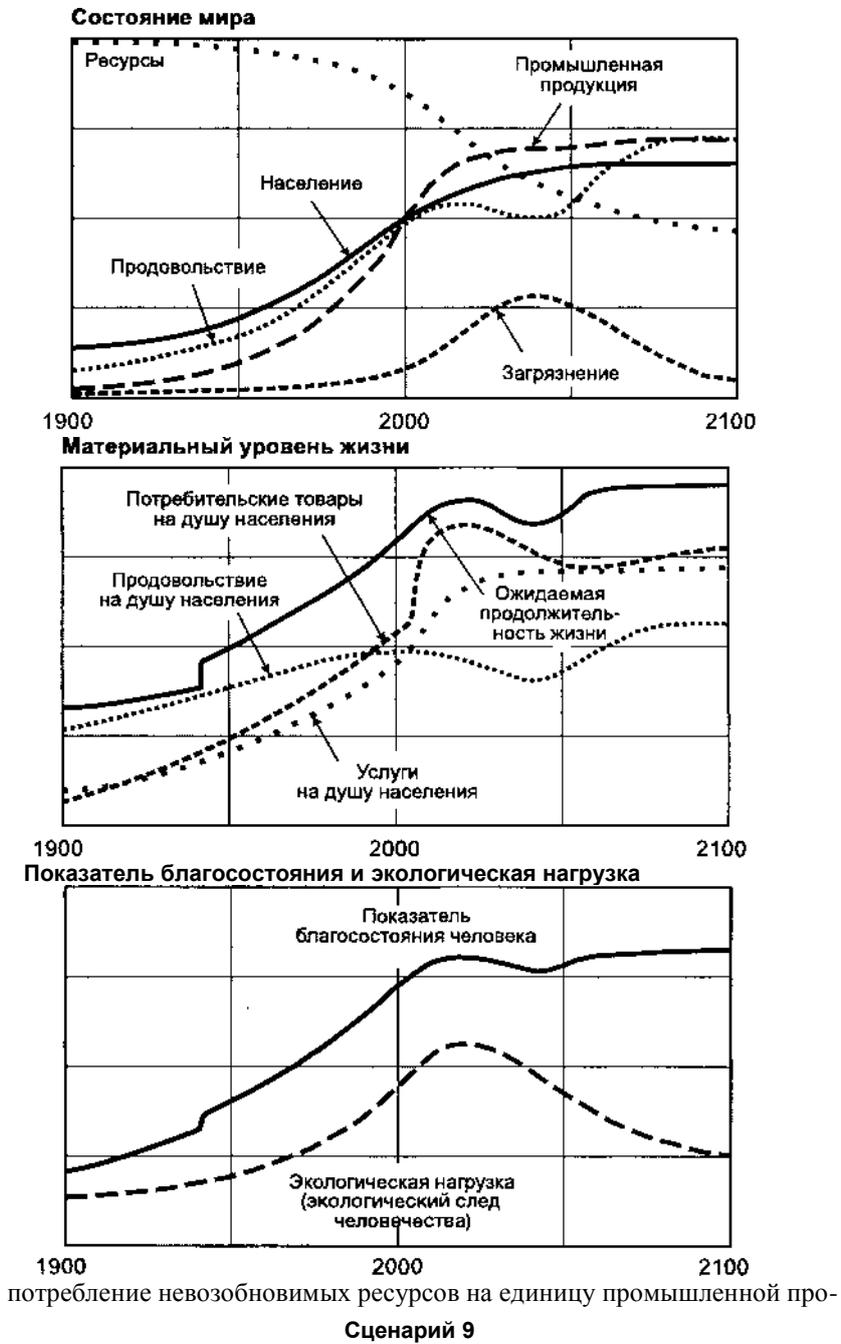
По Сценарию 9, показанному на рис. 7.3, в модели мира с 2002 г. каждая семья снова решает ограничиться двумя детьми, контроль над рождаемостью эффективен, пределы материального производства такие же, как и в Сценарии 8. Кроме того, начиная с 2002 г., мир начинает развивать новые технологии — такие же, как в Сценарии 6. В них вкладывают деньги, их применяют на практике. Они повышают эффективность использования ресурсов, уменьшают выбросы загрязнителей на единицу продукции промышленного производства, регулируют эрозию почв и увеличивают урожай настолько, чтобы производство продовольствия на душу населения достигло желаемого уровня.

В Сценарии 9 мы предполагаем, как это принято в Сценарии 6, что указанные технологии становятся эффективными только через 20 лет после начала разработки и что они требуют затрат. В Сценарии 6 капитала было недостаточно для того, чтобы вкладывать его в развитие и внедрение технологий, поскольку тогда мир из-за быстрого роста населения переживал цепь кризисов, на борьбу с которыми уходили все средства. В более умеренном обществе из Сценария 9 численность населения растет медленнее, капитал не приходится практически полностью инвестировать в поддержание его же собственного роста, да и проблемы не наступают так неумолимо, поэтому средства на разработку новых технологий есть. За счет таких технологий в течение всего века удастся снизить

Рис. 7.3. Сценарий 9: мир с 2002 г. стремится к стабильной численности населения, устойчивому объему производства на душу населения, а также применяет технологии ради уменьшения загрязнения среды, эффективного использования ресурсов и увеличения урожайности в сельском хозяйстве

В этом сценарии численность населения и промышленное производство ограничены также, как и в предыдущем, однако вдобавок разрабатываются технологии борьбы с загрязнением, развиваются ресурсосбережение, методы повышения урожайности и защиты сельскохозяйственных земель. Такое общество достигает устойчивости: около 8 млрд чел. имеют достойный уровень материального благосостояния, а нагрузка на окружающую среду постоянно снижается.

Переход к устойчивой системе



дукции на 80%, а выбросы загрязнений на нее — на 90%. Поскольку рост промышленного производства сдерживается, возникшая разница, накопившись за годы, приводит не просто к стабилизации, а к существенному уменьшению экологической нагрузки.

Постоянное увеличение продуктивности земель на некоторое время прерывается — это происходит в первой половине XXI в. вследствие роста загрязнения окружающей среды (запоздавший результат выбросов конца XX в., возможно, в «реальном мире» наглядным его примером может служить глобальное потепление). Однако к 2040 г. улучшение технологий позволяет снизить уровень загрязнения, продуктивность земель восстанавливается и понемногу растет оставшуюся часть столетия.

В Сценарии 8 численность населения стабилизируется на уровне меньше 8 млрд чел., которые сохраняют желаемый уровень достатка на протяжении всего века. Ожидаемая продолжительность жизни высока, хотя и несколько снижается в тот период, когда уменьшается производство продовольствия. Объем услуг на душу населения в сравнении с 2000 г. возрастает на 50%. К концу расчетного XXI в. продовольствия на планете уже достаточно для всех. Уровень загрязнения достигает максимума и уменьшается, не успев нанести непоправимый вред. Невозобновимые ресурсы истощаются настолько медленно, что к концу расчетного 2100 г. около 50% исходных запасов все еще не израсходованы.

Обществу в Сценарии 9 удастся приступить к снижению нагрузки на окружающую среду раньше 2020 г., с этого момента экологическая нагрузка постоянно снижается. После 2010 г. уменьшается темп добычи невозобновимых ресурсов. Эрозия почв уменьшается сразу же после 2002 г. Выбросы стойких загрязнений достигают пика десятью годами позже. Система возвращается в рамки устойчивости, избегает нерегулируемой катастрофы, обеспечивает достойный уровень жизни и удерживается очень близко к равновесию. Сценарий 9 показывает, что устойчивость возможна: мировая система пришла в равновесное состояние.

Слою *равновесие* на языке системных терминов означает, что положительные и отрицательные контуры обратных связей сбалансированы и что основные стоки системы — в данном случае это численность населения, капитал, земля и ее продуктивность, невозобновимые ресурсы и концентрация загрязнений — остаются практически постоянными. Это швец не значит, что население и экономика неизменные или переживают застой. Они имеют примерно постоянное численное значение, подобно тому, как река имеет примерно постоянные размеры, хотя вода при этом непрерывно течет. В «равновесном обществе», таком как в Сценарии 9, кто-то рождается, кто-то умирает; строятся новые заводы, дороги, здания, машины, в то время как старые заводы, машины и прочее выводятся из эксплуатации и отправляются на утилизацию. По мере усо-

вершенствования технологий поток материальной продукции на душу населения безусловно меняется качественно, по форме, по содержанию.

Как уровень реки может колебаться относительно своего среднего значения, так же и равновесное общество может меняться как по собственному осознанному желанию, так и под воздействием непредвиденных обстоятельств или катаклизмов. Как река может очищать сама себя и по мере уменьшения загрязнения поддерживать все более разнообразные и продуктивные водные сообщества, так и человеческое общество может очищаться от загрязнения, накапливать новые знания, повышать эффективность производственных процессов, разрабатывать новые технологии, совершенствовать управление, делать распределение более справедливым, учиться и развиваться. Мы считаем, что обществу будет гораздо проще добиться всего этого, если оно перестанет участвовать в безумной гонке за ростом и начнет действовать продуманно и достаточно медленно для того, чтобы всегда было время подумать, понять, что происходит, предусмотреть последствия своих собственных решений.

Мы уверены, что вполне возможно построить такое устойчивое общество, как показано в Сценарии 9, — для этого нужно только, чтобы мы обладали достаточными знаниями о планетарных системах. В этом обществе около 8 млрд чел. и вполне достаточно продовольствия, потребительских товаров и услуг, чтобы каждому человеку обеспечить достаточный комфорт. Это общество прилагает значительные усилия и использует постоянно улучшающиеся технологии, чтобы защитить земли и почвы, уменьшить загрязнение, использовать невозобновимые ресурсы с высокой эффективностью. Поскольку физический рост замедляется и в какой-то момент останавливается, и поскольку технологии позволяют достаточно быстро снизить экологическую нагрузку до приемлемого уровня, у такого общества есть *время, капитал* и *возможности* решить все остальные проблемы.

Мы считаем, что такая картина не просто возможна, она желательна. Она гораздо привлекательнее тех вариантов, модели которых рассмотрены в предыдущей главе и рост которых продолжался до тех пор, пока не наступала черед кризисов. Кстати говоря, Сценарий 9 — не единственный устойчивый вариант развития событий, который может дать модель Wbrld3. В рамках системы существуют определенные допуски и варианты. В системе может быть больше продовольствия и меньше промышленной продукции, или наоборот; численность населения может быть больше при меньшей экологической нагрузке в расчете на душу населения или меньше при большей нагрузке. Но основной вывод остается прежним: откладывая принятие мер еще на год, человечество уменьшает возможности перехода к устойчивому равновесию, и достигаемый в конце перехода результат становится все менее привлекательным. Это можно наглядно продемонстрировать, рассчитав вариант, при

котором изменения, внесенные в Сценарий 9, начали бы действовать на 20 лет раньше.

Что дает разница в 20 лет

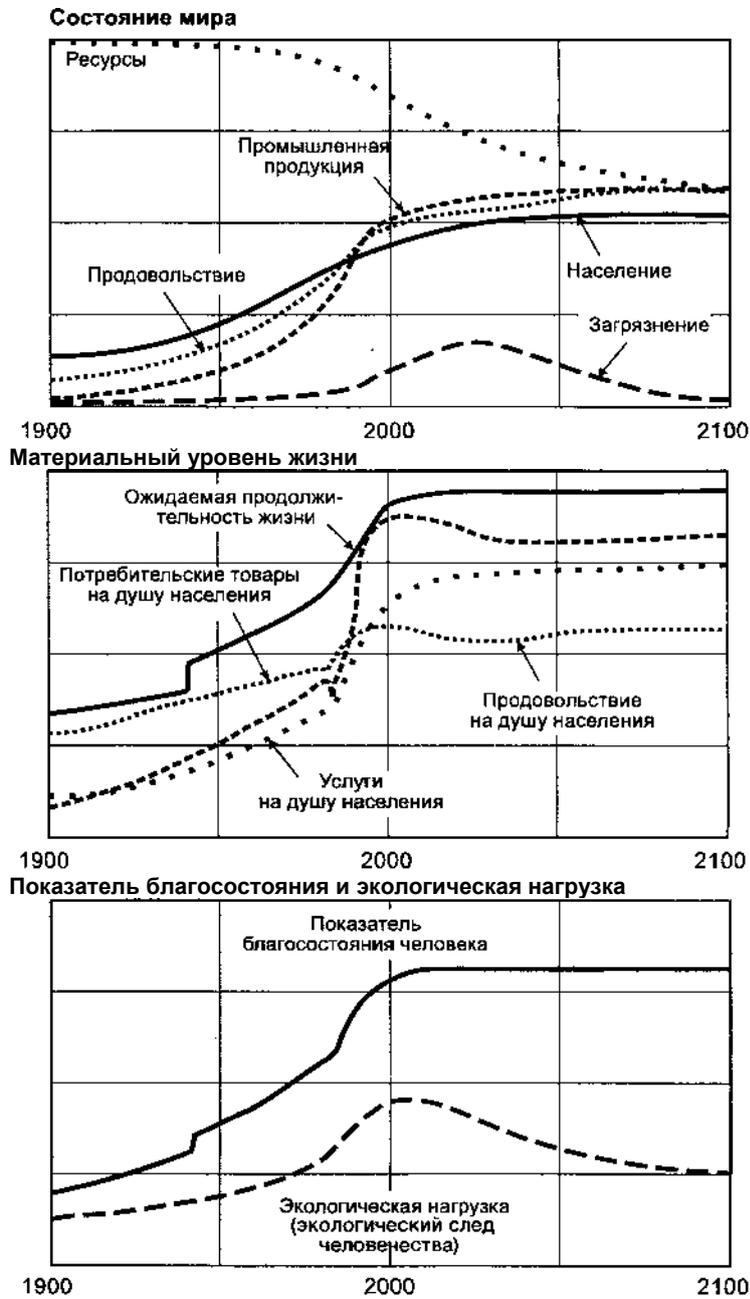
В следующем прогоне модели мы задаемся вопросом: что, если бы моделируемый мир принял необходимые меры (те же, что и в Сценарии 9: двое детей в семье, умеренный уровень материального достатка, усовершенствованные технологии борьбы с загрязнениями и эффективного использования ресурсов) не в 2002 г., а в 1982? Что дала бы разница в 20 лет?

В Сценарии 10, показанном на рис. 7.4, все в точности соответствует Сценарию 9, за исключением одного: все изменения происходят не в 2002 г., а в 1982. Переход к устойчивому развитию на 20 лет раньше позволил бы построить более безопасный и более обеспеченный мир, причем быстрее и с меньшими проблемами в аграрном секторе. В этом сценарии население стабилизируется на уровне чуть больше 6 млрд чел., а не почти 8. Пик загрязнений имеет гораздо более низкое значение, и мир его преодолевает на 20 лет раньше. На сельское хозяйство загрязнение окружающей среды влияет значительно меньше, чем в Сценарии 9. Ожидаемая продолжительность жизни достигает 80 лет и продолжает оставаться высокой. К концу XXI в. человечество сберегает больше невозобновимых ресурсов, поэтому их разведка и добыча требуют меньше усилий. Ожидаемая продолжительность жизни, производство продовольствия, потребительских товаров и услуг на душу населения стабилизируются на более высоком уровне, чем в Сценарии 9.

Населению в Сценарии 10 удастся без проблем поддерживать высокий уровень жизни и обеспечивать технологический прогресс. Это общество наслаждается более благоприятной окружающей средой, располагает большим количеством ресурсов, имеет больше степеней свободы. Оно не подходит так близко к пределам допустимого и не балансирует на краю, как общество из Сценария 9. Такое будущее было вполне возможным. Однако в 1982 г. мир этой возможностью не воспользовался.

С помощью модели World3 мы разработали огромное число других сценариев, а не только те одиннадцать, что описаны в книге. Мы исследуем **Рис. 7.4.** Сценарий 10: те же меры по достижению устойчивости, что и в Сценарии 9, однако принимаются они на 20 лет раньше, в 1982 г. В этом расчете происходят все те же изменения, что и в Сценарии 9, однако они вступают в силу в 1982 г., а не в 2002. Переход к устойчивому развитию на 20 лет раньше означал бы стабилизацию численности населения на более низком уровне, более низкий уровень загрязнений окружающей среды, меньший расход невозобновимых ресурсов и несколько более высокий уровень материального благосостояния для всего населения планеты.

Переход к устойчивой системе



довали возможное влияние от многих других мер и изменений в общеми-

Сценарий 10

ровых тенденциях, которые позволили бы численности населения и экономике вписаться в пределы устойчивости. Разумеется, модель содержит множество упрощений, многие факторы в ней вообще не учтены. Поэтому не стоит ориентироваться на конкретные численные значения во всех этих сценариях. Работа, которую мы проделали, позволила сделать два ключевых вывода, и уж в них-то мы уверены на сто процентов. Первый вывод из всех наших экспериментов состоит в том, что чем больше мир откладывает принятие решительных мер, тем больше сужаются долговременные перспективы человечества, тем меньше у него остается возможных вариантов. Промедление со снижением роста населения и стабилизацией производственного капитала означает, что загрязнение растет, все больше земель деградирует, и тем больше в абсолютном выражении должны быть потоки продовольствия, услуг и товаров, чтобы поддерживать существование населения. Нужды больше, проблемы острее, возможностей меньше.

Все это можно проиллюстрировать еще одним расчетом, в котором те же меры, что и в Сценарии 9, принимаются не в 2002 г., а на 20 лет позже. К этому моменту избежать неконтролируемый спад уже невозможно — слишком поздно. Отсрочка в два десятилетия позволяет численности населения достигнуть значения в 8 млрд чел. гораздо быстрее, чем это было в Сценарии 9. Из-за двадцатилетней задержки мер промышленное производство достигает гораздо более высокого уровня, чем в Сценарии 9. Учитывая дополнительную производственную активность и двадцатилетнее отставание технологий по борьбе с загрязнением, мы получаем кризис загрязнений. Он уменьшает продуктивность земель, производство продовольствия падает, ожидаемая продолжительность жизни резко сокращается, и так же резко уменьшается численность населения. 20 лет бездействия вместо перехода к устойчивому развитию сильно сужают перспективы нашей модели мира и приводят его к череде потрясений, которая ничем хорошим не закончится. Меры, которые в определенный момент привели бы к успеху, теперь не дают никакого результата.

СЛИШКОМ МНОГО - ЭТО СКОЛЬКО?

Второй вывод из всех наших экспериментов состоит в том, что слишком большие материальные требования человечества к мировой системе тоже могут привести к катастрофе. Мы проводили расчеты по модели Woiid3 с абсолютно такими же настройками, что и в Сценарии 9, с одной лишь разницей: заданное производство промышленной продукции на душу населения стало больше в два раза. В этом случае моделируемый мир тоже начинает стабилизировать численность населения и экономику с 2002 г. и использует те же технологии ресурсосбережения и борьбы с загрязнениями окружающей среды. Однако уровень, к которому стремится производство промышленной продукции на душу населения, поддержать не удастся, если население превышает 7 млрд чел., какими бы

совершенными при этом ни были технологии.

Промышленное производство на душу населения достигнет заданного уровня после расчетного 2020 г., но удержится на нем недолго. Максимум будет пройден около 2030 г., затем начнется постепенный спад. Производство продовольствия на душу населения снижается практически сразу после достижения пика, который приходится примерно на тот же год. Причина в том, что для достижения более высоких объемов материального производства и для борьбы с последствиями загрязнения требуется все больше капитала. К расчетному 2050 г. потоки продовольствия и промышленной продукции на душу населения в таком взыскательном мире снижаются и оказываются существенно ниже, чем было в Сценарии 9, где мир проявлял умеренность в своих запросах.

Доказывает ли этот расчет, что определенный в нем жизненный стандарт в «реальном мире» удастся поддерживать для 7,5 млрд чел.? Ни в коем случае! Численные значения, введенные в программу, обладают большими допусками, их нельзя считать достоверными. Никакая модель не может дать точные прогнозы для мировой системы на 30 или 50 лет вперед. Кто знает, может быть, даже большее число людей будет иметь уровень достатка выше, чем в Сценарии 9. А может быть и по-другому: учитывая, что в модели World3 нет войн, конфликтов, коррупции, а люди не совершают ошибок, ее расчеты слишком оптимистичны, и в «реальном мире» никогда не удастся поддержать уровень потребления из Сценария 9.

Модель World3 в чем-то подобна черновому наброску архитектора. Она показывает взаимосвязь между основными параметрами, помогает обдумывать разные варианты будущего, в котором мы хотели бы жить, однако не дает никаких деталей в отношении сложных политических, психологических и личностных проблем, которые встретятся во время переходного процесса. Чтобы делать такие точные прогнозы, нужен намного более высокий уровень развития науки — существенно выше, чем сегодняшний. И если бы кто-то взялся создать такую модель, ему потребовалось бы все профессиональное умение, сдержанность, способность признавать ошибки и желание постоянно совершенствовать работу по мере ее выполнения.

Из наших экспериментов с моделью не следует автоматически делать вывод о том, что немедленное принятие мер по переходу к устойчивому развитию обеспечит привлекательное будущее, в то время как задержка в 10 или 20 лет приведет к катастрофе. Мы формулируем наше заключение иначе: запаздывание с принятием мер уменьшает наши возможности и снижает уровень достатка, который мог бы поддерживаться в устойчивом обществе. Из наших сценариев мы не делаем вывод о том, что потребление на уровне, превышающем сегодняшний на 10 или 20%, может поддерживаться устойчиво, то время как уровень потребления вдвое выше непременно приведет к катастрофе. Однако мы заключаем, что ус-

тойчивая система обеспечила бы большинству населения мира более привлекательные условия жизни, чем сегодня. С другой стороны, для населения численностью 6 или 8 млрд чел. совершенно невозможно предложить неограниченно высокий или просто очень высокий уровень материального потребления.

Модель World3 нельзя использовать для поиска точных численных пределов устойчивости мировой системы. В мире нет ни одной модели, которая позволила бы это сделать, а может, никогда и не будет. Более того, поиск максимально допустимого уровня экологической нагрузки, чтобы приблизиться к нему — путь опасный и чреватый последствиями, ведь текущие пределы роста изменчивые и неопределенные, а их изучение и возможные отклики всегда будут происходить с запаздыванием. Гораздо безопаснее (и предпочтительнее как по этой, так и по другим причинам) научиться достойно жить в рамках, которые с запасом вписываются в пределы устойчивости мировой системы, чем постоянно рисковать в какой-то момент превысить максимально допустимые значения.

World3 была создана для исследования схем поведения нелинейной модели мировой системы, имеющей большое число внутренних взаимосвязей, запаздываний и различных ограничений. Она не предназначена для того, чтобы выдавать количественные прогнозы на будущее или точные планы действий. Зато описываемые в этой главе расчеты подтвердили общие выводы, которые, по нашему убеждению, правильны и при этом далеко не все из них в настоящий момент признаны широкой общественностью. Только представьте себе, насколько изменились бы принимаемые решения, обсуждаемые законы, распределяемые инвестиции, освещаемые в новостях мировые события, если бы приводимая далее информация была широко известна и повсеместно признана:

- Неизбежен компромисс между численностью населения, которую может выдержать планета, и уровнем материального благосостояния, который удастся обеспечить каждому ее жителю. Точные численные значения и зависимости при этом определить невозможно, к тому же они могут становиться другими по мере развития технологий, знаний, умения человечества приспосабливаться, а также по мере изменения экосистем Земли. Но в любом случае остается верным правило: чем больше людей, тем ниже уровень материального благосостояния каждого из них и тем меньше должна быть экологическая нагрузка на душу населения.
- Чем больше времени уйдет у человечества на ослабление экологической нагрузки и на принятие мер по переходу к устойчивому развитию, тем ниже будут жизненные стандарты и тем меньшую численность населения удастся устойчиво поддерживать в системе. В определенный момент задержка ведет к катастрофе.
- Чем выше устанавливаемый обществом уровень материального достатка и чем больше численность населения, тем выше риск того, что система выйдет за пределы, которые, вдобавок, будут постоянно нарушаться.

В соответствии с нашими компьютерной моделью, мысленными моде-

лями, доступными статистическими данными и представлениями о «реальном мире» общество не может медлить с принятием мер по переходу к устойчивому развитию и по возвращению системы в допустимые рамки и пределы. Если мы будем откладывать уменьшение потоков в системе и переход к устойчивому развитию, то в лучшем случае для будущих поколений уменьшатся возможности выбора, а в худшем случае наступит катастрофа.

В любом случае время нельзя терять. Устойчивое развитие - новая идея для многих людей, и многие не сразу могут ее осознать. Но ведь по всему миру есть люди, которым вполне удалось освоиться в этой области знаний и научиться интуитивно понимать, что такое устойчивый мир. Для них это означает, что мир пойдет навстречу устойчивости не вынужденно, а по доброй воле, не с ощущением жертвы, а с отвагой и решимостью. Устойчивый мир может быть гораздо лучше того, в котором мы живем сейчас.

Устойчивое общество

Устойчивость можно определить по-разному. Самое простое определение: общество устойчиво, если оно сохраняется на протяжении многих поколений, если оно обладает достаточной способностью прогнозировать, достаточной гибкостью, чтобы не подрывать как физические, так и социальные основы собственного существования.

В 1987 г. Международная комиссия по окружающей среде и развитию выразила идею устойчивости в следующих словах:

Устойчивое общество — это такое общество, которое «удовлетворяет свои потребности, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять их собственные нужды»².

С системной точки зрения устойчивое общество — это общество, в котором для контролирования положительных контуров обратной связи, ответственных за экспоненциальный рост численности населения и капитала, успешно используются информационные, социальные и организационные методы. Это значит, что рождаемость примерно равна смертности, а объемы инвестиций соответствуют объемам выбывания капитала (амортизации) до тех пор, пока не принимаются сознательные технические или социальные меры для продуманного и взвешенного изменения численности населения или промышленного капитала. Чтобы система была стабильна в социальном аспекте, отношение численности населения и объема капитала должно поддерживаться таким, при котором материальный уровень благосостояния достойный, распределение благ — справедливое, а существование - безопасное для всех людей на планете. Чтобы мир был материально и энергетически устойчив, физические потоки в экономике должны соответствовать трем условиям Германа Дейли³.

- Скорость использования возобновимых ресурсов не должна превышать скорость их самовосстановления.

- Скорость использования невозобновимых ресурсов не должна превышать скорости, с которой для замещения невозобновимого ресурса разрабатываются заменители на основе других, возобновимых ресурсов.
- Скорость возникновения загрязнений не должна превышать скорость, с которой они могут быть ассимилированы окружающей средой.

Такое общество экологической нагрузкой в рамках допустимого будет практически во всем отличаться от того, в котором сейчас живет большинство людей. Господствующие в начале XXI в. мысленные модели подкрепляются картинами ужасающей нищеты и быстрого материального роста, и всем кажется, что рост необходимо поддерживать любой ценой. Когда доминируют представления о безудержном росте или о пугающем застое, человеческому сознанию трудно себе представить устойчивое, достаточное, справедливое и целеустремленное общество. Прежде чем мы сможем дать точно описание того, каким *может быть* устойчивое общество, стоит уточнить, каким оно *не должно быть*.

Устойчивость не обязательно означает «нулевой рост». В обществе, сосредоточившемся на росте, всякое сомнение в необходимости роста воспринимается в штыки. Но такое сомнение вовсе не означает однозначного отказа от роста. Основатель Римского клуба Аурелио Печчеи еще в 1977 г. отмечал, что такая реакция просто заменяет одно чрезмерное упрощение другим:

Всех тех, кто помогал развеять миф о росте... осмеяли и, образно говоря, повесили, распяли и четверговали преданные защитники священной коровы роста. Некоторые из них... обвиняют доклад [«Пределы роста»]... в приверженности НУЛЕВОМУ РОСТУ. На самом деле такие люди вообще ничего не поняли ни о Римском клубе, ни о росте. Представление о нулевом росте настолько примитивно (как, кстати, и представление о бесконечном росте) и настолько размыто, что говорить о нем в живом, динамичном обществе просто абсурдно⁴.

Устойчивое общество должно быть заинтересовано в качественном развитии, а не в физическом расширении. Оно может использовать материальный рост как продуманный инструмент, а не как извечный порядок, не должно выступать ни за, ни против роста как такового — оно будет развивать различные виды роста и оценивать его цели. Оно может даже пойти на сознательное поддержание отрицательного роста, чтобы отступить назад и вернуться в рамки пределов, дабы прекратить те виды деятельности, которые по сумме природных и социальных факторов окажутся не созидательными, а разрушительными.

Прежде чем устойчивое общество согласится на тот или иной вид роста, оно задастся вопросами, для чего нужен этот рост, кто от него выиграет, сколько это будет стоить, как долго он продлится и какие последствия он вызовет для планетарных источников и стоков. Такое общество будет использовать свою систему ценностей и новейшие знания о пределах Земли, чтобы выбирать только такие виды роста, которые позволят достичь важных социальных целей и укрепить устойчивость и самопод-

держание. И когда любой физический рост выполнит свою задачу, общество его прекратит.

В устойчивом обществе не будет сегодняшнего несправедливого распределения, и уж точно оно не оставит бедняков наедине с их нищетой. Это не было бы подлинной устойчивостью по двум причинам. Во-первых, бедняки не могут, да и не должны мириться с нищетой. Во-вторых, если какая-либо часть света будет прозябать в нищете, то не удастся стабилизировать численность населения (разве только за счет одного варварского метода — принудительного увеличения смертности). И по моральным, и по практическим соображениям любое устойчивое общество должно обеспечивать достаточность и безопасность для всех. Чтобы перейти к устойчивости из сегодняшнего состояния мира, все остающиеся возможности роста — касается ли это использования ресурсов, выбросов загрязнений или резервов, которые высвобождаются за счет повышения эффективности и изменения стиля жизни людей в богатых странах мира, — все подобные излишки должны направляться тем, кто больше всего в них нуждается. Это логично, и мы надеемся, что такая точка зрения будет принята всеми.

Устойчивое состояние вовсе не подразумевает, что общество находится в упадке или переживает застой, не означает это и безработицу и развал существующих экономических систем, которые обычно проявляются при вынужденном прекращении роста. Разница между устойчивым обществом и современным спадом экономики подобна различию между остановкой автомобиля разными способами: в первом случае вы пользуетесь тормозами и останавливаетесь плавно, во втором — с разгона врезаетесь в бетонную стену. Когда современная экономика выходит за пределы, изменения происходят слишком быстро и неожиданно для организаций и для людей, им приходится спешно переучиваться, менять работу, переезжать, заново приспособливаться... Продуманный переход к устойчивому состоянию будет происходить сравнительно медленно, будет достаточно времени, чтобы всех предупредить и все продумать, чтобы и люди, и предприятия нашли свое место в новой экономике.

Нет никаких причин, по которым устойчивое общество должно быть примитивным в техническом или культурном отношении. В мире, свободном от тревог и ненасытной жадности, возможности для творчества будут огромными. Раз обществу и окружающей среде не понадобится расплачиваться за последствия роста, то вполне возможен большой прорыв в технологии и культуре. Джон Стюарт Милл (John Stuart Mill), один из первых (и последних) экономистов, кто принял всерьез идею экономики, вписанной в пределы планеты, заметил, что «стационарное состояние», как мы его называем, может поддерживать постоянное изменение и совершенствование общества. Сто пятьдесят с лишним лет назад он написал: Я не могу... рассматривать стационарное состояние капитала и богатства с тем

искренним отвращением, которое столь свойственно политэкономистам старой школы. Я склонен считать, что в целом было бы достигнуто весьма существенное улучшение в сравнении с сегодняшним состоянием. Признаюсь честно, я вовсе не очарован идеалами, которые проповедают те, кто считает нормальным состоянием человечества постоянную борьбу за выживание, кто верит, что топтать, давить, толкаться и наступать друг другу на пятки — желанный удел человечества... Едва ли нужно уточнять, что стационарное состояние капитала и населения вовсе не означает застой в человеческом совершенствовании. Возможностей для развития духовной культуры, морального и социального прогресса, а также для совершенствования Искусства Жизни будет ничуть не меньше, чем сейчас, а скорей всего — гораздо больше⁵.

Устойчивый мир не будет, да и не сможет быть застывшим, с патологически постоянными численностью населения, объемом производства или любым другим параметром. Одна из странных особенностей современных мысленных моделей — представление о том, что мир умеренности обязательно должен быть миром жесткого централизованного правительственного контроля. Для устойчивой экономики такой тип контроля невозможен, нежелателен, да и не нужен. (С системной точки зрения у этого вида управления слишком много недостатков, что наглядно продемонстрировал бывший Советский Союз.)

Конечно, в устойчивом мире будут работать определенные правила, законы, стандарты, границы, социальные соглашения и ограничения, как и в любой другой человеческой культуре. Некоторые из правил устойчивого мира будут отличаться от тех, по которым люди живут сейчас. Некоторые виды контроля уже вступают в силу, например, международное соглашение по озону и договоренности по выбросам парниковых газов. Однако правила, обеспечивающие устойчивость, как любые реальные социальные правила, будут вводиться в действие не ради ограничения или аннулирования свобод, а ради их создания и защиты. Запрет грабить банки ограничивает свободу злоумышленников, чтобы все остальные могли пользоваться свободой вкладывать и получать деньги без риска. Запрет на чрезмерную эксплуатацию возобновимых ресурсов или на выбросы опасных загрязнителей похожим образом защищает жизненно важные права.

Не нужно обладать богатым воображением, чтобы представить себе минимальный набор социальных структур — контуров обратных связей, которые передают новую информацию о расходах, последствиях и санкциях, — которые обеспечат в обществе развитие, творчество, совершенствование, а также раскроют новые свободы, которые просто нереализуемы в перенаселенном или вышедшем за пределы мире. Одно из самых важных новых правил прекрасно соотносится с экономической теорией, оно соединит в себе знания и привычный облик рыночной системы: в цене на продукт должна отражаться его полная стоимость, включая все экологические последствия и побочные социальные эффекты

от изготовления и использования такого продукта. Учебники по экономике требуют ввести эту меру уже десятки лет (причем тщетно), а ведь она позволила бы автоматически привести в соответствие инвестиции и закупки, чтобы люди могли делать выбор на основе наглядного денежного выражения и не сожалеть впоследствии, что неправильный выбор неблагоприятно отразился на материальной или социальной сфере.

Некоторые люди полагают, что устойчивому обществу следует отказаться от использования невозобновимых ресурсов, поскольку оно неустойчиво по определению. Но это - доведенное до крайности представление об устойчивости. Конечно же, устойчивое общество будет использовать невозобновимые ресурсы, лежащие в недрах земли, более разумно и эффективно, чем современный мир. Эти ресурсы будут оценены по их истинной стоимости, поэтому их удастся сделать достоянием и многих следующих поколений. Но нет причин, чтобы совсем отказаться от их использования, если оно будет соответствовать требованиям устойчивости, которые мы уже упоминали, а именно: не будет переполнять природные стоки, а параллельно ему будут развиваться заменители на основе возобновимых источников.

Нет никаких причин, по которым устойчивое общество должно быть однообразным. Как и в природе, в человеческом обществе разнообразие одновременно служит причиной устойчивости и является ее следствием. Многие из тех, кто думал о практическом воплощении устойчивости, представляют ее себе как практически децентрализованную систему, в которой на местах задействуют в основном локальные ресурсы и меньше опираются на международную торговлю. Между отдельными участками могут быть приняты граничные соглашения, которые защищали бы каждое местное сообщество от влияния со стороны соседней мировой системы в целом. Культурная самобытность, автономность* свобода и самоопределение в таком мире должны стать сильнее, чем сейчас.

Устойчивому обществу нет никакой необходимости становиться[^] - демократичным, серым и безынициативным. Некоторые игры, которыми увлекается сегодняшнее человечество, вроде гонки вооружений или безудержного накопления богатств, наверное, выйдут из моды. Они потеряют свою привлекательность и актуальность. Но в мире все же будут другие интересные занятия, новые цели, проблемы, которые надо решить, пути для самореализации, способы проверить себя, послужить обществу — прожить хорошую жизнь, причем, вероятно, приносящую гораздо больше удовлетворения, чем это возможно сегодня.

У нас получился длинный список того, каким не должно быть устойчивое общество. Перечисляя эти пункты, мы одновременно методом «от противного» определяли, каким может быть устойчивое общество. Однако подробное описание такого общества нельзя сделать силами маленькой группы специалистов по компьютерному моделированию—для £того

нужны идеи, умения и таланты миллиардов людей.

Структурный анализ мировой системы, который мы дали в этой книге, позволяет получить только общие направления о том, как ей нужно измениться, чтобы прийти к устойчивости. Мы перечисляем их ниже. Каждое из них можно реализовать сотнями разных способов на всех уровнях: в семье, в сообществе соседей, в компаниях, корпорациях, странах и в мире в целом. С их помощью можно изменить собственную жизнь, культуру, политические и экономические системы. Каждое действие в этом направлении — шаг навстречу устойчивости, хотя для достижения желаемого результата необходимо пройти их все.

Улучшить прием и обработку сигналов. Необходимо глубже изучить и систематически отслеживать фактический уровень благосостояния населения, реальное воздействие на мировую экосистему в результате деятельности человека⁶. Необходимо постоянно оперативно информировать правительства и общественность о состоянии окружающей среды и о социальных условиях, а не только об отвлеченных экономических показателях. В экономических ценах должны отражаться и социальные, и экологические затраты. Показатели вроде ВВП придется переопределить, чтобы не было путаницы между прибылями или потоками и благосостоянием, или между истощением природного капитала и доходами.

Уменьшить время отклика. Необходимо отслеживать сигналы, которые свидетельствуют о том, что окружающая среда или общество испытывают напряжение. Необходимо заранее решать, какие действия предпринять в случае возникновения проблемы (в идеале она должна быть предсказана задолго до того, как проявится). Должны работать организационные и технические механизмы, позволяющие эффективно реагировать на проблему. Необходимо поощрять гибкость и творчество, развивать критическое мышление и способность преобразовывать как физические, так и социальные системы. Компьютерное моделирование на этом этапе может помочь, но самое важное, чтобы общее образование учило людей системному мышлению.

Свести к минимуму использование невозобновимых ресурсов. Ископаемые виды топлива, грунтовые воды и минеральное сырье должны использоваться с максимальной возможной эффективностью, перерабатываться и использоваться повторно (ископаемое топливо повторно использовать нельзя, однако воду и минеральное сырье — можно), и это использование должно быть только временным этапом при переходе на возобновимые источники.

Не допускать истощения возобновимых ресурсов. Продуктивность почв, поверхностные воды, восполняемые грунтовые воды и все формы жизни, включая леса, рыбу, животных, надо защищать, восстанавливать и улучшать всегда, когда это возможно. Использовать эти ресурсы можно только с той скоростью, с которой они могут самовосстанавливаться. Поэтому необходимо собирать информацию о скорости восстановления, определять строгую социальную ответственность и принимать экономические меры, чтобы не допустить чрезмерного использования ресурсов.

Использовать ресурсы с максимальной эффективностью. Чем больше благ для человека удастся обеспечить при заданном уровне экологической нагрузки, тем

выше будет качество жизни в пределах устойчивости среды. Технически вполне можно достичь большей эффективности, к тому же это экономически выгодно⁷. Высокая эффективность жизненно необходима для того, чтобы привести численность населения и экономику в соответствие с возможностями окружающей среды и не допустить возникновения катастрофы.

Замедлить и затем остановить экспоненциальный рост населения и физического капитала. Первые шесть пунктов, перечисленных в этом списке, способны помочь только до определенного предела. Этот последний пункт — ключевой. Для его выполнения необходимы организационные и социальные меры, а также изменение философии. Необходимо определить, какой уровень численности населения и промышленного производства желателен и может устойчиво поддерживаться. Главной ценностью должно быть качественное развитие, а не рост. Для этого необходимо глубинное изменение в представлениях о цели человеческой жизни: она вовсе не должна быть посвящена только физическому расширению и накоплению.

Что касается последнего пункта, необходимого для перехода к устойчивости, то прежде всего следует перечислить насущные проблемы, которые в большинстве случаев и являются глубинными причинами роста: нищета, безработица, неудовлетворенные потребности. Рост в своем современном виде либо совсем не решает эти проблемы, либо делает это медленно и неэффективно. Но пока на горизонте не появятся более эффективные способы решения проблем, общество ни за что не откажется от своего пристрастия к росту — ведь людям необходима надежда. Рост может внушать фальшивые надежды, но это лучше, чем ничего.

Чтобы укрепить надежду и решить актуальные проблемы, необходимо развить совершенно новые представления в трех областях.

- **Нищета.** В политических обсуждениях и переговорах слово «делиться» находится под запретом. Может быть, вследствие укоренившейся глубокой веры в то, что если разделить на всех — не хватит никому. «Достаточность» и «общность интересов» — вот термины, которые помогут развить новые подходы, чтобы покончить с нищетой. В условиях выхода за пределы мы все равны. Если управлять миром грамотно, то хватит на всех. Если управлять неграмотно, то последствий не избежать никому, и тогда не спасут никакие богатства.
- **Безработица.** Человеку необходимо работать, самореализовываться, совершенствоваться, нести ответственность за удовлетворение собственных нужд, испытывать чувство причастности, получать признание как зрелому, ответственному члену общества. Это настоящая потребность, ее необходимо удовлетворять, и при этом работа не должна быть отупляющей или вредной для здоровья. В то же время занятость не должна быть единственным условием существования. Необходимо отказаться от ограниченного представления о том, что одни люди «создают» рабочие места для других (и от еще более узкой идеи о том, что рабочая сила — просто статья расходов, которую нужно уменьшать). Это сделать нелегко, потребуются фантазия и творческий подход, ведь на самом деле нам необходима система экономики, использующая и поощряющая любой вклад, который люди могут внести.

Она должна распределять работу, отдых и экономические результаты справедливо, не обходя своим вниманием и тех, кто по разным причинам временно или постоянно нетрудоспособен.

- **Неудовлетворенные материальные потребности.** Людям не нужны огромные автомобили — на самом деле им нужны уважение и признание. Им не нужен бесконечный поток новой одежды - на самом деле им нужно чувствовать, что для других людей они привлекательны, нужно испытывать душевное волнение, видеть разнообразие и красоту вокруг. Людям не нужно засилье электроники — на самом деле им нужно нечто, что занимало бы их мысли и эмоции. Этот список можно продолжать до бесконечности. Пытаться удовлетворить реальные, но невещественные потребности (в самоутверждении, самооценке, самореализации, в общественном признании, любви и радости) с помощью материальных потоков — значит пробудить неутолимое стремление к ложным решениям, желание, которое никогда не будет удовлетворено полностью. Общество, которое признает невещественные потребности человека и найдет нематериальные же способы удовлетворить их, будет использовать гораздо меньшие потоки энергии и сырья и при этом продвинется гораздо дальше в стремлении к духовному совершенствованию.

Что же может сделать для решения проблемы каждый из нас? Как мир может разработать *систему*, которая решит эти проблемы? Вот где широкий простор для творчества и изобретательности. Поколениям, живущим на границе тысячелетий, предстоит не только уменьшить экологическую нагрузку и привести ее в соответствие с возможностями Земли, но при этом еще и преобразовать свой внутренний и внешний мир. Этот процесс затронет все сферы жизни, в нем будет востребовано все разнообразие человеческих талантов. Навдуг применение новые технические и предпринимательские идеи, общественные, социальные, политические, художественные и духовные устремления. 50 лет назад Льюис Мэмфорд (Lewis Mumford) признал величие задачи и ее общечеловеческий характер; для ее решения необходимо воспитать лучшие *человеческие качества* в каждом из нас.

Век роста уступает место веку равновесия. Достижение этого равновесия — задача ближайших нескольких столетий... Лейтмотивом нового периода будут не оружие и человек и не машины и человек; его основой будет возрождение жизни, замещение механического органическим, признание личности как конечной цели всех человеческих усилий. Развитие, гуманизация, сотрудничество, сосуществование — вот ключевые понятия новой общемировой культуры. Все сферы жизни испытают на себе эти перемены: они повлияют на цели образования и на ход научных исследований в не меньшей степени, чем на организацию промышленных предприятий, планирование городов, развитие регионов, обмен мировыми ресурсами⁸.

Необходимость перевода промышленного мира на новую ступень развития — это не бедствие, а привлекательная возможность. Как ее использовать, как воплотить в жизнь мир, чтобы он был не только устойчивым, разумным и справедливым, но еще и желанным для всех — это вопрос лидерства, этики, умения видеть и смелости. Это свойства не компьютерных моделей, а человеческого сердца и души. Чтобы

распознать о них, нам, авторам, нужно закончить эту главу, выключить компьютеры и отложить в сторону статистические данные и сценарии, и в гл. 8 обсудить выводы, основанные не только на научном анализе, но и на наших внутренних ощущениях и интуиции.

ГЛАВА 8

Надо быть осторожными, чтобы не впасть в уныние. Свет надежды еще не угас.

Эдуард Саума, 1993

Средства для перехода к устойчивому развитию
Можем ли мы направить людей и целые страны к устойчивому развитию? Такое преобразование общества сравнимо разве только с двумя другими изменениями: сельскохозяйственной революцией в позднем неолите и промышленной революцией последних двух столетий. Эти революции были постепенными, самопроизвольными, и по большей части никто их не осознавал. Новое преобразование должно носить осознанный характер, и управлять им следует со всей возможной предусмотрительностью, которую только может обеспечить наука... Если нам удастся выполнить эту задачу, это будет небывалым явлением во всей истории человечества.

Уильям Д. Рекельсхаус, 1989

Вот уже больше тридцати лет мы пишем, говорим и работаем ради перехода к устойчивому развитию. Нам посчастливилось познакомиться с тысячами коллег по всему миру, которые работают в том же направлении, но на свой манер, применяют свои знания и таланты, чтобы их страны сделали свой шаг к устойчивости. Когда мы выступаем на официальном уровне и слушаем политических лидеров, чаще всего мы разочаровываемся. Когда же мы работаем с отдельными людьми, мы чаще всего испытываем воодушевление.

Людей, которых заботит судьба Земли, жизнь и благосостояние детей, внуков и других людей, мы встречаем повсюду. Они обеспокоены человеческой нищетой и деградацией окружающей среды, всем тем, что видят вокруг себя, и они задаются вопросом: может ли современная политика, пропагандирующая увеличение роста в тех же направлениях, что и раньше, улучшить положение дел? Многие из этих людей ощущают (хотя зачастую довольно смутно), что мир движется в неверном направлении и что нужны коренные изменения, чтобы предотвратить грядущий кризис. Они готовы работать, во имя воплощения в жизнь этих изменений, если только будут знать, что усилия не окажутся напрасными. Они спрашивают: «Что могу сделать я? Что могут сделать власти? Что могут сделать корпорации и бизнес? Что могут сделать учебные заведения, церковь, средства массовой информации? Что могут сделать граждане, производители, потребители, родители?»

Поиски ответов на эти вопросы, пожалуй, важнее, чем любые частные ответы, которых сейчас огромное количество. Существует «50 простых вещей, которые помогут спасти планету». Покупайте энергоэффективные машины. Сдавайте использованные бутылки и банки, вдумчиво голосуйте на политических выборах (если, конечно, вы один из тех, кому посчастливилось иметь машину, пользоваться бутылками и банками и ходить на выборы). Есть пункты, которые не так-то просто выполнить: выработайте собственный умеренный стиль жизни; пусть в вашей семье будет не больше двух детей; выступайте за более высокие цены на энергию, полученную от сжигания ископаемого топлива (чтобы этим поощрять энергоэффективность и стимулировать переход на возобновляемые источники энергии); помогите хотя бы одной семье выбраться из нищеты; зарабатывайте на жизнь честным трудом; возьмите на себя ответственность хотя бы за один небольшой участок земли; и делайте все от вас зависящее, чтобы не поддерживать системы, угнетающие людей или разрушающие Землю, сделайте выбор для себя.

Все эти действия помогут, все они необходимы. Но их одних недостаточно. Устойчивость, достаточность и справедливость требуют структурных изменений, требуют революции, но не в политическом понимании - это не Французская революция и не многие другие, что за ней последовали, а преобразование, подобное сельскохозяйственной и промышленной революциям. Повторно использовать банки и бутылки — идея прекрасная, но вызвать глубинное преобразование она не в состоянии.

Что же может вызвать такую революцию? В поисках ответа на этот вопрос полезно понять суть двух первых великих революций в человеческой культуре, в том виде, в котором историки смогли восстановить их ход.

Две первые революции: сельскохозяйственная и промышленная

Примерно 10 тысяч лет назад, после миллионов лет эволюции, население на Земле достигло огромной по тем временам величины — около 10 млн чел. Эти люди были охотниками-собирателями и вели кочевой образ жизни, но в некоторых регионах, ранее изобиловавших дичью и съедобными растениями, разросшимся племенам уже было сложно добывать себе пропитание. Приспособиться к исчезновению дичи можно было только двумя способами. Некоторые племена стали более интенсивно кочевать. Они покинули свою прародину в Африке и на Ближнем Востоке и переселились на другие территории, богатые дичью.

Другие племена стали одомашнивать животных, занялись земледелием и потому стали вести *оседлый образ жизни*. По тем временам это была совершенно новая идея. Оставаясь на одном и том же месте, первобытные земледельцы изменили облик планеты, образ мыслей человечества и строение общества в такой степени, какую невозможно было даже пред- ставить.

Впервые в истории появился смысл в том, чтобы владеть землей. Люди, которым больше не надо было нести все свои пожитки на собственных плечах, могли накапливать вещи, и некоторым это удавалось лучше, чем другим. Появились излишки, родились представления о богатстве, общественном положенTM, наследовании, торговле, деньгах и власти. Часть людей могла существовать за счет излишков продовольствия, которое производили другие люди, и появились писцы, служители культа, солдаты, мастера, музыканты, атлеты, правители... Так, к лучшему или худшему, появились гильдии и цеха, библиотеки, храмы, оркестры, армии, турниры и соревнования, правящие династии и города.

Мы — наследники сельскохозяйственной революции и считаем ее огромным шагом вперед. Однако первое время, по-видимому, не все было так безоблачно. Многие антропологи полагают, что ведение сельского хозяйства было не лучшим образом жизни, а лишь вынужденной мерой в ответ на увеличение численности населения. Оседлые земледельцы получали больше продовольствия с гектара земли, чем охотники-собиратели, но их пища была менее питательна и разнообразна, а для ее производства затрачивалось гораздо больше труда. В отличие от охотников-собирателей, земледельцы гораздо сильнее зависели от погоды, нашествия сельскохозяйственных вредителей, набегов соседей... На них влияли эпидемии и притеснение со стороны зарождавшихся правящих классов. Оседлые племена не уходили от образуемых их жизнедеятельностью отходов, и они впервые в истории человечества столкнулись с проблемой непрерывного загрязнения окружающей среды.

Тем не менее сельское хозяйство позволило успешно преодолеть недостаточность ресурсов дикой природы. Оно позволило населению расти дальше, и через столетия его численность стала огромной, увеличившись с 10 млн человек до 800 млн в 1750 г. Рост населения привел к нехватке других ресурсов, в особенности земли и энергии, поэтому была необходима еще одна революция.

Промышленная революция началась в АнглTM с замены исчезающей древесины на каменный уголь, который имелся в изобилии. Использование угля породило проблемы с извлечением породы, постройкой шахт, откачкой воды, транспортом и контролируемым сжиганием угля... Эти проблемы удалось решить относительно быстро, сосредоточив рабочую силу вокруг шахт и обогатительных фабрик. Технология и торговля заняли ведущие позицTM в человеческом обществе, приобретя даже большее значение, чем религия и этика.

И снова изменения получились настолько фундаментальными, что раньше это никто не мог себе представить. Основой производства стали машины, оборудование, а не земля. Феодализм уступил место капитализму и специфическому ответвлению от него — коммунизму. Повсюду появились автомобильные и железные дороги, фабрики и заводы, дымовые трубы... Города разрастались. И снова изменения вместе с положительными достижениями несли с собой проблемы. Работа на фабрике

оказалась более унижительной и изматывающей, чем сельский труд. Окружающая среда вокруг фабрик — вода, воздух — приходила в ужасающее состояние. Уровень жизни большинства заводских работников был гораздо ниже, чем у фермеров, но в то же время земли на всех не хватало, а работа на фабрике находилась для любой пары рабочих рук.

Современному человеку нелегко оценить, насколько глубоко промышленная революция изменила сознание людей — ведь мы с вами выросли уже в новой среде, и она формирует наше мировосприятие. В 1988 г. историк Дональд Уорстер (Donald Worster) описал философское влияние индустриализма не хуже, чем это сделал бы любой из искренних приверженцев и последователей этого течения.

Капиталисты... обещали, что за счет господства технологий на Земле удастся обеспечить каждому более справедливую, разумную, эффективную и плодотворную жизнь... Их метод состоял в простом освобождении частного предпринимательства от цепей традиционной иерархии и общества, независимо от того, какова была причина этих цепей — окружающая среда или другие люди... Это означало необходимость научить каждого обращаться с природой и друг с другом с искренней и энергичной напористостью... Люди должны... постоянно думать о том, как делать деньги. Все, что есть вокруг них, — землю, природные ресурсы, собственный труд они должны оценивать как потенциальный товар, который может обеспечить прибыль на рынке. Они должны требовать для себя право производить, покупать и продавать этот товар без внешнего вмешательства или какого-либо регулирования... По мере роста потребностей рынок разрастался все шире и захватывал все сферы деятельности, и в результате связи между человеком и остальной природой свелись к чистому инструментализму, философскому направлению, которое для взаимодействия человека и природы использует только научные понятия и гипотезы¹.

Такой инструментализм привел к высокой производительности и цивилизации, которая сейчас обеспечивает жизнь 6 млрд человек — это более чем в 600 раз превышает численность населения планеты до сельскохозяйственной революции. Проникновение рынка во все сферы жизни и колоссальное увеличение запросов приводят к тому, что окружающая среда нещадно эксплуатируется повсюду, от полюсов до тропиков, от горных вершин до глубин океана. Успех промышленной революции, как до нее успех сначала охоты и собирательства, а затем земледелия, в какой-то момент привел к истощению собственной основы. Вот только на сей раз эта основа — не только дичь, не только земля, и даже не только полезные ископаемые — теперь речь идет о поддерживающей емкости всей окружающей среды, глобальной экосистемы. Антропогенная экологическая нагрузка превысила уровень устойчивости. Успешность предыдущей деятельности привела к необходимости следующей революции.

Следующая революция: устойчивое развитие

Сейчас никому не под силу описать мир, который может сформироваться после перехода к устойчивому развитию, точно так же как какому-нибудь земледельцу в 6000 г. до н. э. и в голову не могло придти, какими

будут поля кукурузы и сои в современной Айове, а какому-нибудь шахтеру в Англии в 1800 г. уже нашей эры и во сне не приснилась бы автоматизированная сборочная линия на заводе Тойоты. Как и другие великие революции, грядущий переход к устойчивому развитию изменит облик земли и перевернет основы человеческой личности, культуры и общественной жизни. Как произошло и с другими революциями, на проявление всех ее достижений уйдут века — несмотря на то, что сейчас она уже на подходе.

Разумеется, в точности никто не знает, как провести такую революцию. Это не пошаговая инструкция вроде «Чтобы произошло глобальное изменение представлений, сделайте то-то и то-то, ют вам 20 пунктов, которые надо выполнить». Как и предыдущие великие революции, эту тоже нельзя запланировать и провести в приказном порядке, выпустив набор правительственных постановлений и указов или следуя призывам специалистов по компьютерному моделированию. Переход к устойчивому развитию должен быть естественным и постепенным. Он станет результатом интуиции, изменения мировоззрения, опыта и действий миллиардов людей, и эту задачу не осилить каждому в одиночку или даже группам людей. Памятник за это никому не поставят, но посильный вклад может внести каждый.

Наша подготовка в области системного анализа и наши собственные исследования подтвердили, что сложные системы обладают двумя ключевыми свойствами, которые чрезвычайно важны для грядущей фундаментальной революции.

Первое из них: информация — это ключевое условие преобразований. Это совсем не обязательно означает, что информации нужно больше: более подробная статистика, более объемные базы данных или всемирная сеть, хотя все это может сыграть свою роль. Главное требование: информация должна быть достоверной, существенной, точной, своевременной и действенной, она должна распространяться новыми путями и к новым получателям, нести в себе новое содержание, предлагать новые правила и цели (которые, кстати, и сами по себе являются информацией). Любая система начинает вести себя по-новому, если ее информационные потоки изменяются. Пример тому — политика гласности в Советском Союзе, простое открытие информации, которая долгие годы была закрытой — и это привело к такому быстрому преобразованию Восточной Европы, которого никто не ожидал. Старая система была построена на жестком контроле над информацией. Как только этот контроль был снят, структура всей системы изменилась. (Это происходило бурно и непредсказуемо, но было неизбежно.)

Второе ключевое свойство состоит в том, что системы изо всех сил сопротивляются изменениям в информационных потоках, особенно если это касается правил и целей. Это неудивительно, ведь те, кто получает выгоду от системы в ее теперешнем виде, активно противятся изме-

нениям, которые могут эту выгоду уменьшить. Сложившиеся политические, экономические и религиозные силы могут полностью парализовать попытки отдельных людей или малочисленных групп действовать по новым правилам или стремиться к целям, которые отличаются от текущих правил и целей системы. Все новое (включая людей, которые это новое предлагают) система может игнорировать, изолировать, высмеивать, идеи и предложения замалчивать, вплоть до прямого запрета на публичные выступления и распространение информации. Система может все это подавить, причем не только в переносном смысле, но и в прямом.

Однако даже сами по себе те, кто предлагает изменения, уже могут вызвать определенное преобразование системы — просто вследствие того, что будет высказана вслух мысль о необходимости новой информации, новых правил, новых целей, а также в результате того, что начнется обсуждение, и появятся первые попытки что-то сделать. Этот момент очень хорошо отмечен в высказывании, которое часто приписывают Маргарет Мид (Margaret Mead): «Никогда не сомневайтесь в том, что маленькая группа думающих граждан может изменить мир. На самом деле только так это и происходит».

Мы на собственном опыте узнали, насколько сложно вести умеренный образ жизни в мире, который ожидает от нас потребления, который навязывает и поощряет его. И все же даже отдельный человек может далеко продвинуться на пути к умеренности. Очень нелегко использовать энергию эффективно, если экономика производит энергетически неэффективную продукцию. Однако даже отдельный человек может найти, а при необходимости — и придумать более эффективные способы использования энергии, и в результате эти способы станут более доступными для других.

Самое главное: очень трудно донести новую информацию до системы, которая настроена принимать только старую. Попробуйте, для примера, публично задать вопрос о том, нужен ли дальнейший рост, или заговорите о различиях между ростом и развитием, и вы на себе почувствуете, что мы имеем в виду. Чтобы стронуть с места устоявшуюся систему, нужны отвага и умение четко излагать свои мысли. Но сделать это можно.

Мы искали разные способы вызвать мирное изменение структуры системы, которая, естественно, пытается противостоять любым преобразованиям, и перепробовали разные инструменты. Самые очевидные из них уже были упомянуты в этой книге — рациональный анализ, сбор данных, системное мышление, компьютерное моделирование и максимально четкое изложение. Этими методами может легко овладеть любой человек, имеющий хотя бы минимальную естественно-научную или экономическую подготовку. Как и переработка и повторное использование, все они полезны, необходимы, но не достаточны.

Мы не знаем, что будет достаточным. Но под конец этого раздела мы хотели бы перечислить еще пять инструментов, в полезности которых мы

убедились лично. Впервые мы предложили и обсудили этот список в издании 1992 г. Опыт, накопленный с тех пор, подтвердил, что эти пять способов необходимо использовать — они действенны в любом обществе, которое надеется существовать продолжительное время. Мы снова приводим их в последней главе, уже в новом издании, как «способы, которые помогут перейти к устойчивости — не единственно возможные, но действующие».

В 1992 г. мы отмечали, что испытываем сомнения, обсуждать ли их, поскольку не были экспертами в их применении и поскольку не так-то легко подбирать слова, которые нужно при этом использовать, ведь профессорам и ученым свойственна академическая манера изложения. Эти слова казались нам слишком «ненаучными», чтобы циничная публика приняла их всерьез.

Так что же это за пять способов, из-за которых нам пришлось преодолевать нерешительность? Вот они: умение видеть, создание групп единомышленников, правдивость, обучение и любовь.

Этот список выглядит наивно, особенно в сравнении со сложностью изменений, которые предстоит осуществить. Однако каждый из пяти пунктов участвует в целой сети из контуров положительной обратной связи. Поэтому их последовательное сознательное применение, пусть даже все начнется с относительно маленькой группки людей, в конце концов может привести к огромным изменениям, в том числе и к глубинному изменению существующей системы. Возможно, к той самой революции, о которой мы говорили.

«Переход к устойчивому обществу можно облегчить и ускорить», — говорили мы в 1992 г., — «просто за счет более частого использования подобных слов и понятий в обмене информацией во всем мире. Использовать их надо искренне, и за это вовсе не нужно извиняться». Но даже мы сами извинялись, зная, как большая часть людей воспримет наши слова...

Многие из нас испытывают неловкость от обсуждения таких «мягких» способов, когда на кону стоит будущее всей цивилизации. Так происходит еще и потому, что люди точно не знают, как заставить эти способы действовать и в себе самих, и в окружающих. Поэтому разговор переводится на другие темы — на повторную переработку, на борьбу с выбросами загрязнений, на защиту дикой природы, на другие меры. Они необходимы, но недостаточны для перехода к устойчивому развитию, и все же мы прибегаем именно к ним, так как эти темы не вызывают у нас неловкости.

Так давайте же поговорим именно об этих пяти способах. Мы пока не знаем, как их использовать, но овладеть ими человечеству надо быстро.

Умение видеть

Уметь видеть — значит представить себе сначала в общих чертах, а затем все более подробно то, чего мы хотим добиться на самом деле. Именно то, что «хотим на самом деле», а не то, что кто-то нам внушил хотеть,

или то, что вы сами научились хотеть. Суметь увидеть — значит отбросить препятствия к осуществимости, неверие и прошлые разочарования и дать воображению погрузиться в самые благородные, возвышенные, сокровенные мечты.

Некоторые люди, в особенности молодежь, погружаются в такие мечты с легкостью. Другим такое погружение может показаться пугающим или болезненным, потому что сравнение идеальной картины, того, что *могло бы быть*, с тем, что есть на самом деле, может оказаться невыносимым. Некоторые люди ни за что не признаются в своих мечтах, потому что боятся прослыть непрактичными и нереалистичными. Другие, кто уже имел такой негативный опыт, вам тут же объяснят, что мечты несбыточны в принципе. На самом деле в этом нет ничего плохого, скептики тоже нужны, они уравнивают мечтателей.

Для скептиков мы сразу же оговоримся: мы швее не считаем, что мечты автоматически претворяются в жизнь. Умение видеть без конкретных дел совершенно бесполезно. Но и деятельность без умения видеть тоже смысла не имеет — она бесцельна и хаотична. Умение видеть абсолютно необходимо в качестве направляющей, мотивирующей, движущей силы. Более того, если удастся добиться совместного видения — когда многие люди разделяют одну и ту же мечту — это *действительно приводит к возникновению новых систем*.

Мы говорим это в самом что ни на есть буквальном смысле. В рамках пространства, времени, вещества и энергии умение видеть позволяет создать не только новую информацию, новые контуры обратных связей, новые модели поведения, новые знания и технологии, но и новые физические структуры, новые организации, новые движущие силы в обществе. Ральф Уолдо Эмерсон (Ralph Waldo Emerson) признал эту глубокую истину еще 150 лет назад:

Каждая нация и каждый человек немедленно окружают себя материальными предметами, которые точно соответствуют их моральному состоянию или их образу мыслей. Смотрите, как каждая истина и каждая ошибка, каждая мысль в чьей-нибудь голове приобретает форму обществ, зданий, городов, языков, церемоний, газет. Посмотрите, что за идеи сейчас царят... Посмотрите, как каждая из этих абстракций воплотилась в виде внушительного социального аппарата и, словно древесина, кирпич, известняк или камень, приняла удобную форму, повинуясь главной идее, царящей в умах многих людей...

Из этого, разумеется, следует, что малейшее изменение в человеке вызовет и изменение окружающих обстоятельств, малейшее распространение его идей по отношению к другим... может вызвать просто поразительные изменения в окружающих вещах².

Устойчивый мир никогда не удастся построить, если его невозможно представить. Многие люди должны начать видеть, только тогда это видение будет целостным и совершенным. Чтобы призвать других людей присоединиться к этому процессу, мы приводим список того, о чем мечтали и что сумели увидеть мы сами, размышляя об устойчивом обществе, в котором нам хотелось бы жить. Мы рассказываем об этом только для

того, чтобы вы могли развить эти идеи и добавить что-то свое.

- Устойчивость, эффективность, достаточность, справедливость, красота и общность — это наивысшие ценности общества.
- Материальная достаточность и безопасность должны распространяться на всех. Низкая рождаемость и стабильная численность населения должны быть результатом и личного выбора, и норм, принятых в обществе.
- Работа и труд должны облагораживать, а не унижать людей. Общество должно поощрять людей трудиться на благо всех, оно должно каждому гарантировать достойную жизнь, как бы ни сложились обстоятельства.
- Лидеры должны быть честны, разумны, скромны, они должны вызывать уважение и быть больше заинтересованы в выполнении своей работы, чем в сохранении своего положения. Их должно больше интересовать, как послужить обществу, а не как выиграть следующие выборы.
- Экономика должна быть средством, а не целью деятельности. Это она должна служить на благо человеческого общества и окружающей среды, а не наоборот.
- Энергетические системы должны быть эффективными и основываться на возобновимых источниках.
- Системы материального производства должны быть эффективными и замкнутыми.
- Следует применять технические решения, которые снижают выбросы и отходы до минимума. В обществе должно быть принято соглашение: не создавать выбросы и отходы, с которыми не могут справиться технологии и природа.
- Сельское хозяйство должно основываться на самовосстановлении: поддерживать плодородие почв, использовать естественные способы восстановления питательных веществ и борьбы с вредителями и за счет этого производить экологически чистые продукты питания в достаточном количестве.
- Экосистемы во всем их разнообразии необходимо защищать, и человеку следует жить в гармонии с ними; тогда многообразными будут и природа, и культура, чтобы человек мог насладиться и тем, и другим.
- Система должна быть гибкой, в ней должно быть место социальным и техническим новшествам и интеллектуальному совершенствованию. Наука должна процветать, постоянно увеличивая запас человеческих знаний.
- В образовании каждого человека большое внимание должно уделяться пониманию поведения систем, системному мышлению.
- Экономические силы должны быть децентрализованными, равно как и политическое влияние, и научные разработки.
- Политические структуры должны принимать во внимание как краткосрочные, так и долгосрочные цели, учитывая, что после нас будут жить наши дети и внуки.
- Конфликты и противоречия должны разрешаться ненасильственными способами, для этого необходим высокий профессионализм правительств и высокие моральные качества граждан.
- Средства массовой информации должны отображать все многообразие мира и в то же время объединять различные культуры, предоставляя достоверную, точную, непредвзятую, своевременную и содержательную информацию, подавая ее в историческом контексте и с системной точки зрения.
- Цель жизни состоит не только в накоплении вещей и материальных благ.

Люди заслуживают лучшей судьбы.

Работа групп

Мы не смогли бы выполнить свое исследование, если бы у нас не было связей с единомышленниками. Большинство таких связей — неформальные; это группы, у которых маленький бюджет или вовсе нет его, и в списках всемирных организаций они вряд ли значатся³. Они практически незаметны, но результатов добиваются вполне реальных. Неформальные группы распространяют информацию практически так же, как и официальные организации, а часто эффективнее. В них зарождается новая информация, на их основе могут развиваться новые системные структуры⁴.

Некоторые из таких групп — местные, некоторые — международные. С одними связь поддерживается электронными средствами, других мы встречаем лично каждый день. Какую бы форму ни принимали такие связи, они соединяют людей, которые имеют сходные интересы в определенной сфере жизни; постоянно находятся в контакте и распространяют данные, методы, идеи, устремления; которые любят и уважают и поддерживают друг друга. Одна из важнейших задач, которую выполняют такие группы — напомнить людям, что они не одиноки.

Группа не имеет уровней подчинения. Это сеть связей между равными, которых объединяет не сила, не принуждение, не материальные соображения или социальный договор, а общие ценности и понимание того, что некоторые задачи в одиночку решить совершенно невозможно.

Мы знаем, что существуют содружества фермеров, использующих органические методы борьбы с сельскохозяйственными вредителями. Существуют группы журналистов, профессионально работающих в области окружающей среды, «зеленых» архитекторов, специалистов по компьютерному моделированию, создателей игр, объединения землевладельцев и землепользователей, потребительские кооперативы. Существуют многие тысячи групп, которые объединяют людей с общими интересами и целями. Некоторые из них ведут такую активную деятельность и занимаются настолько важными проблемами, что переходят в разряд официальных организаций, имеющих штаб-квартиры и бюджеты. Но основная масса все-таки остается неформальной, такие группы появляются и исчезают по мере необходимости. Появление Интернета облегчило создание неформальных групп и поддержание связи между их членами.

Группы, интересующиеся устойчивостью как на локальном, так и на глобальном уровне, играют особую роль в создании устойчивого общества, которое будет гармонично вписываться в локальные экосистемы при одновременном соблюдении глобальных пределов. Про локальные группы нам почти нечего сказать; те, что есть у нас, слишком сильно отличаются от тех, что есть у вас, и наоборот. Одна из задач локальных групп — помочь восстановить чувство социальной общности и привязанности к родным местам — эти чувства в обществе были практически утрачены со

времен промышленной революции.

Что же касается международных неформальных групп, то мы очень хотели бы, чтобы они стали по-настоящему глобальными. Возможности участия в международном обмене информацией распределены в мире также неравномерно, как средства производства. В одном Токио телефонов больше, чем во всей Африке. И еще больше различие в оснащении компьютерами и факсами, в доступности линий воздушного сообщения, в распределении приглашений на международные встречи. Но даже здесь человеческая изобретательность нашла выход: появилась всемирная сеть и недорогие средства доступа.

Кто-нибудь может сказать, что у Африки и других стран, недостаточно представленных на мировой арене, есть гораздо более насущные проблемы, чем оснащение компьютерами или доступом к Интернету. Мы не согласны с таким мнением. Никто не узнает о потребностях наименее развитых стран мира, да и мир не сможет взаимовыгодно сотрудничать с ними, если не будет налажена оперативная связь. Некоторые из самых больших достижений в экономии сырья и повышении эффективности энергии были получены только за счет средств коммуникации. В пределах устойчивой экологической нагрузки каждый должен иметь возможность поддерживать международные и местные связи и участвовать в неформальных группах. Пора уже убрать «цифровой железный занавес».

Если вас интересуют какие-то вопросы перехода к устойчивому развитию, вы можете найти или организовать собственную группу единомышленников, разделяющих ваши интересы. Это поможет выяснить, где можно найти нужную информацию, какие существуют методы, какие материалы были опубликованы, где найти финансовую поддержку, какое содействие могут оказать власти и кто может помочь в решении конкретных проблем. Хорошая группа не только помогает вам учиться, но и позволяют передать свои знания другим.

Правдивость

Мы верим в истину ничуть не больше, чем другие. Но мы чаще распознаем ложь. Большая часть лжи — намеренная. Что это ложь, знает не только тот, кто ее произносит, но чаще всего и те, кто ее выслушивает. Ложь часто используют для того, чтобы манипулировать людьми, заговорить кому-то зубы, переманить кого-то на свою сторону, выиграть время, оправдать эгоистичные действия, добиться власти или сохранить ее в своих руках, опровергнуть неприглядные факты.

Ложь искажает информационные потоки. Ни одна система не будет нормально работать, если ее потоки информации лживы. Один из самых важных принципов в системной теории состоит в том, что информация не должна искажаться, замалчиваться или запаздывать (и мы надеемся, что из нашей книги уже понятно, почему).

«Все человечество будет в опасности, — заявил Бакминстер Фуллер (Buckminster Fuller), — если каждый из нас не отважится отныне говорить только правду - всю правду. И начать надо как можно быстрее:

прямо сейчас⁵.» Когда бы и с кем бы вы ни говорили — на улице, на работе, обращаясь к аудитории или к отдельному человеку, особенно к ребенку, — вы должны стараться противостоять лжи и поддерживать правду. Вы можете отвергать идею о том, что чем больше вещей накопил человек, тем он лучше. Вы можете высказывать сомнение в том, что чем больше получают богатые, тем больше это поможет бедным. Чем больше лжи вы сумеете разоблачить, тем лучше станет управление обществом.

Дальше мы перечислим некоторые распространенные предубеждения и упрощения, словесные ловушки, часто встречающиеся лживые утверждения, с которыми нам довелось столкнуться при обсуждении пределов роста. Нам кажется, что на эти заблуждения надо открыто указывать, чтобы избежать их. Человек должен иметь ясное представление о мировой экономике и о том, как она взаимодействует с планетой, имеющей физические границы.

Неверно:

Предупреждение о будущем — это предсказание катастрофы.

Верно:

Предупреждение о будущем — это рекомендация пойти другим путем.

Неверно:

Окружающая среда — это роскошь, пользующийся спросом товар или удобство, которое люди купят, если смогут себе это позволить.

Верно:

Окружающая среда — это источник жизни и основа любой экономической системы. Опросы общественного мнения обычно показывают, что люди согласны платить больше, лишь бы только среда была здоровой.

Неверно:

Любое изменение требует жертв, поэтому их надо избегать любой ценой.

Верно:

Изменения — это вызов, и они необходимы

Неверно:

Если прекратится рост, бедняки навсегда останутся в нищете.

Верно:

Бедняки остаются бедными из-за неумной жадности и безразличия богатых. Беднякам нужно, чтобы богатые изменили свое отношение к ним; тогда они смогут воспользоваться ростом, специально ориентированным на их нужды.

Неверно:

Необходимо, чтобы каждый имел материальный достаток на уровне богатейших стран мира.

Верно:

Поднять потребление настолько, чтобы каждый житель планеты имел тот же уровень материального достатка, каким сегодня наслаждаются богатые, просто физически невозможно. Должны быть удовлетворены основные материальные потребности каждого. Материальные потребности должны удовлетворяться только на таком уровне, который

возможен для всех, при условии, что экологическая нагрузка не выйдет за пределы.

Неверно:

Любой рост хорош по определению, независимо от его типа или последствий.

Неверно:

Любой рост плох.

Верно:

То, что на самом деле нужно — не рост, а развитие. Если развитие требует физического расширения, его следует ограничивать, поддерживать в рамках устойчивости, учитывая все реальные затраты и расходы.

Неверно:

Технология способна решить все проблемы.

Неверно:

Технология не способна решить проблемы, наоборот, она их создает.

Верно:

Необходимо поощрять технологии, которые позволят снизить экологическую нагрузку, увеличить эффективность, сберечь ресурсы, усовершенствовать сигналы, покончить с неразумным расходом ресурсов.

И еще:

Мы должны решать свои проблемы как человеческие существа, поэтому не стоит заикливаться на одних только технологиях.

Неверно:

Рыночная система автоматически обеспечит нам счастливое будущее, которого мы так желаем.

Верно:

Прежде всего, нам необходимо определить, какое именно будущее мы желаем. И только затем можно использовать рыночную систему (как и многие другие организационные и управленческие методы), чтобы достичь этой цели.

Неверно:

Промышленность — причина всех проблем или панацея от всех бед.

Неверно:

Правительство — причина всех проблем или панацея от всех бед.

Неверно:

Экологи — причина всех проблем или панацея от всех бед.

Не верно:

Любая другая группа людей [на ум сразу же приходят экономисты] — причина всех проблем или панацея от всех бед.

Верно:

Все люди и организации играют свою роль в рамках сложной системной структуры. В системе, структура которой определяет стремление к выходу за пределы, все участники вольно или невольно вносят свой вклад в это стремление. В системе, структура которой определяет устойчивое развитие, и промышленность, и правительство, и экологи, и в особенности экономисты будут играть важную роль в поддержании устойчивого развития.

Неверно:

Безысходный пессимизм.

Неверно:

Безудержный оптимизм.

Верно:

Решимость говорить правду об успехах и неудачах сегодняшнего дня и о перспективах и препятствиях в будущем.

И тем более:

Мужество признать и перенести беды современного мира, настойчивое старание сделать будущее лучше.

Неверно:

Модель World3, да и любая другая модель, однозначно верна или однозначно неверна.

Верно:

Все модели, включая и те, что в наших головах, в чем-то правы, во многом слишком упрощены и по большей части неправильны. Что мы можем сделать, чтобы проверить наши модели и выяснить, в чем именно они правы и в чем нет? Как специалистам по моделированию найти общий язык и разговаривать с уважением и долей здорового скептицизма? Как нам перестать играть друг с другом в «верно/неверно» и «прав/не прав» и разработать методы проверки моделей на адекватность реальному миру?

Последний пункт о классификации и проверке моделей подводит нас к теме обучения.

Обучение

Умение видеть, создание групп и правдивость будут бесполезны, если не предпринимать продуманных действий. Чтобы придти к устойчивому миру, очень многое надо сделать. Нужно создать новые методы ведения сельского хозяйства. Нужно развить новые виды деятельности и изменить уже имеющиеся, чтобы уменьшить нагрузку на окружающую среду. Нужно восстанавливать земли, защищать парки, преобразовывать энергетические системы, разрабатывать международные соглашения. Одни законы надо принять, другие отменить. Необходимо учить детей, да и взрослых тоже. Нужно снимать фильмы, исполнять музыку и публиковать книги, создавать веб-сайты, консультировать людей, создавать группы, отменять субсидии, развивать показатели устойчивости, отражать в ценах все составляющие их расходы.

Любой человек может найти себе подходящее дело, и мы сами совсем не претендуем на исключительную роль. Мы лишь хотим предложить: если вы делаете что-то, делайте это скромно, не на публику. Не провозглашайте лозунги, просто экспериментируйте и накапливайте собственный опыт. Используйте каждое свое действие, чтобы научиться чему-то новому.

Человеческое невежество гораздо глубже, чем кто-либо из нас готов признать. Это именно так, а ведь сейчас мировая экономика становится интегрированной больше, чем когда-либо ранее, поистине глобальной; она выходит за пределы необычайно сложной планеты, и сейчас нам необходимы совершенно другие пути мышления. В это самое время никто

не обладает достаточными знаниями. Даже лидеры, какими бы авторитетными они ни были, не в состоянии понять ситуацию. Ни одну политику нельзя автоматически распространить на все страны мира. Если вы не можете позволить себе проиграть, не играйте в азартные игры.

Обучение означает готовность продвигаться вперед медленно, экспериментируя, собирая информацию о последствиях действий, включая критические, хотя и не всегда приятные сообщения о том, что какое-то действие не сработало. Никто не может учиться, не допуская ошибок, не признавая их, не исправляя и не двигаясь дальше. Учиться — значит искать новые пути с решимостью и отвагой, быть готовым принять результаты тех, кто пошел своим путем, и при необходимости сменить дорогу, если кто-то нашел более короткий и прямой путь к цели.

Мировые лидеры утратили привычку и учиться самим, и давать учиться другим. Так уж сложилась политическая система: избиратели ожидают, что у лидеров есть ответы на все вопросы; лидерами выбирают только небольшое число людей; их быстро смещают, если они предлагают неприятные меры. Такая извращенная система подрывает лидерские способности людей и способность лидеров учиться.

Сейчас для нас самое время высказаться по этой теме правдиво. Мировые лидеры об устойчивом обществе и переходе к нему знают не больше нас с вами. Большинство из них вообще не знает, что это нужно. Переход к устойчивому развитию от каждого человека требует обучающего лидерства на определенном уровне, от семьи до сообщества соседей, от отдельной страны до мира в целом. И от каждого из нас требуется поддержка лидеров, чтобы они могли действовать в условиях недостатка и неточности информации, проводить честные исследования и открыто признавать ошибки.

Никто не может научиться чему бы то ни было, не имея терпения и умения прощать. Но в условиях выхода за пределы для терпения и прощения времени у нас не так-то много. Чтобы найти правильное равновесие между назревшей необходимостью и терпением, между ответственностью за свои действия и умением прощать ошибки, необходимы ясный разум, честность, скромность, сочувствие и — это слово описывает самое глубокое чувство, которого так не хватает в этом мире — любовь.

Любовь

В современной механистической культуре не принято говорить о любви — лишь иногда и только в самом романтическом или банальном смысле этого слова. Любого, кто попытается обратиться к чувствам братской или сестринской любви, любви к человечеству в целом, к природе и колыбели нашей цивилизации — нашей планете, — скорее всего, просто засмеют, и уж точно не примут всерьез. Ключевое различие между оптимистами и пессимистами — их мнение насчет способности людей действовать слаженно благодаря любви. В обществе, которое поощряет индивидуализм, постоянно поддерживает конкурентную среду и ориентируется на краткосрочные цели, подавляющее большинство людей — пессимисты.

Мы считаем, что индивидуализм и недальновидность — самые серьезные проблемы современной социальной системы, и это глубинная причина неустойчивости. Любовь и участие - гораздо более привлекательная альтернатива, если их признать и придать им социальный статус. Культура, которая не верит в человеческие качества, не обсуждает их и не развивает их в людях, в этом отношении сильно страдает. «Насколько хорошее общество может создать человеческая натура? — спрашивал психолог Абрахам Маслоу (Abraham Maslow). — И насколько хорошего человека может создать общество?»⁶.

Переход к устойчивому развитию должен быть, прежде всего, коллективным преобразованием, которое развивает лучшие, а не худшие стороны человеческой природы. Многие уже поняли, что это необходимо и что это возможно. Еще в 1932 г. Джон Мейнард Кейнс (John Maynard Keynes) писал:

Нужда, бедность и экономическая борьба между классами и странами - отвратительная возня, никому не нужная и абсолютно бессмысленная. У западного мира уже достаточно технологий и ресурсов. Теперь нам бы только научиться использовать их так, чтобы уменьшить и перевести на второй план Экономическую Проблему, которая сейчас поглощает всю нашу физическую и духовную энергию...

И тогда настанет день, когда Экономическая Проблема переместится на последнее место, где ей и надлежит быть, и... тогда наши сердца и умы будут заняты... истинными проблемами — проблемами жизни, человеческих отношений, творчества, образа действий и веры⁷.

Аурелио Печчеи, великий индустриальный лидер, постоянно писавший о проблемах роста и пределов, экономики и окружающей среды, ресурсов и управления, никогда не забывал в заключение добавить, что решение мировых проблем начинается с «нового гуманизма». В 1981 г. он высказал свою точку зрения:

Гуманизм, созвучный нашей эпохе, должен заменить и преобразить принципы и нормы, которые мы до сих пор считали неприкосновенными, но которые стали неприменимыми или несовместимыми с нашими целями; он должен помочь становлению новой системы ценностей, которая возродила бы наше внутреннее равновесие, и развить новые духовные, этические, философские, социальные, политические, эстетические и художественные устремления, которые заполнили бы пустоту нашей жизни; он должен возродить в нас... любовь, дружбу, понимание, сплоченность, дух самопожертвования, умение разделять радость; наконец, он позволит нам понять, что чем теснее эти качества связывают нас с другими формами жизни и с нашими братьями и сестрами во всем мире, тем больше мы от этого выигрываем⁸.

Не так-то просто проявлять любовь, щедрость, понимание, дружбу или сплоченность в системе, в которой правила, цели и информационные потоки ориентированы на наименее гуманные качества. Но мы пытаемся сами и призываем попытаться вас. Будьте терпимы к себе и другим, встречаясь с трудностями меняющегося мира. Проявляйте понимание и сочувствие, сталкиваясь с неизбежным сопротивлением. Такое сопротивление и приверженность к неустойчивости заложены в каждом

из нас. Старайтесь найти лучшие человеческие качества в себе и в других. Посмотрите, сколько цинизма вокруг, и проявите сочувствие к тем, кто верит в цинизм и не верит в себя.

Мир никогда не сможет уменьшить экологическую нагрузку до устойчивого уровня, если эти попытки не будут основаны на глобальном партнерстве. Катастрофа неизбежна, если люди не научатся относиться к себе и другим как к частичкам единой, интегрированной глобальной системы. Сострадание нужно проявлять всегда, оно нужно здесь и сейчас, в любом месте и в любое время, в том числе и в далеком будущем. Человечество должно устремиться к тому, чтобы оставить будущим поколениям живую планету.

Какие из идей, высказанных в этой книге, от большей эффективности использования ресурсов до большего сочувствия, можно воплотить в реальность? Может ли мир вернуться в пределы устойчивости и избежать катастрофы? Можно ли со временем уменьшить экологическую нагрузку? Достаточно ли у нас технологий, денежных средств, дисциплины, ответственности, предусмотрительности, умения видеть, свободы, чувства общности и любви в глобальном масштабе?

Из всех гипотетических вопросов, которые мы задали в этой книге, перечисленные только что вопросы, наверное, ответов не имеют, хотя многие люди претендуют на то, что знают их. Даже мы, авторы, можем не всегда сходиться в мнениях по этим темам — каждый имеет свою точку зрения. Привычка всегда жизнерадостно улыбаться, свойственная многим плохо информированным людям (особенно мировым лидерам), говорит о том, что для них все эти вопросы бессмысленны — в их понимании пределов вообще не существует. В то же время многие из тех, кто информирован хорошо, буквально заражены глубоким цинизмом и прячут его под маской жизнерадостности. Они вам скажут, что сейчас есть серьезные проблемы, что на горизонте их еще больше и они еще страшнее, поэтому нет никакого смысла пытаться их решить.

Подобные ответы, конечно же, основаны на мысленных моделях. Истины же не знает никто.

В этой книге мы много раз говорили, что мир сталкивается не с заранее предопределенным будущим, а с возможностью выбора. Это выбор между различными мысленными моделями, которые приводят к различным сценариям. Одна мысленная модель утверждает, что для всех практических целей этот мир пределов не имеет. Выбор такой мысленной модели приведет к еще большему расширению принятых видов деятельности и к выходу экономической системы еще дальше за пределы. Результатом будет катастрофа.

Другая мысленная модель предполагает, что пределы существуют, что они совсем рядом, что времени нет, что люди не смогут умерить свои аппетиты, проявить ответственность и сочувствие. Или смогут, но будет уже поздно. Эту модель легко воплотить в жизнь — она даже может воплотиться сама, если в нее поверить. Результатом тоже будет катастрофа.

Третья мысленная модель полагает, что пределы существуют, что они совсем рядом, а за некоторые из них мы уже вышли. Но при этом время у нас еще есть, если его не терять попусту. У нас достаточно энергии, сырья, денег, способности среды к самовосстановлению. Наконец, у нас достаточно человеческих качеств, чтобы претворить в жизнь плановое сокращение нагрузки на окружающую среду со стороны человека, чтобы осуществить переход к устойчивому развитию и миру, который для большинства людей будет лучше, чем сегодняшняя действительность.

Такой сценарий тоже может оказаться неосуществимым. Однако наш опыт и данные, которые мы собрали — от мировой статистики до глобальной компьютерной модели, — свидетельствуют о том, что такой переход возможен. Чтобы проверить это, у нас нет другого способа, кроме как попытаться воплотить его в жизнь.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Изменения от модели World3 к

World3-03

Чтобы получить сценарии, приведенные в этой книге, мы использовали обновленную версию компьютерной модели World3-91.

Модель World3 была создана для использования в издании 1972 г., первой книге «Пределы роста». Ее описание было полностью приведено в техническом отчете к нашему исследованию¹. Изначально модель была написана на языке программирования DYNAMO, но в 1990 г. уже был доступен другой язык, STELLA, предоставлявший более широкие возможности анализа. Когда мы готовили сценарии для издания в 1992 г. книги «За пределами роста», мы преобразовали модель из формата DYNAMO в формат STELLA и создали ее новую версию World3-91. Изменения, которые мы в нее внесли, перечислены в приложении книги «За пределами роста»².

Готовя сценарии для этой книги, третьей по счету, мы слегка обновили модель World3-91. Итоговая модель называется World3-03, ее можно получить на компакт-диске³. Три изменения были внесены в расчет стоимости технологий; одно изменение усилило влияние промышленной продукции на желаемый размер семьи. Остальные изменения не влияют на поведение модели, они лишь помогают лучше понять его. Вот эти изменения:

- Изменился определитель капитальных затрат на новые технологии в трех секторах экономики. Капитальные затраты должны определяться технологией, которая практически применяется, а не технологией, которая потенциально доступна. Это касается секторов ресурсов, загрязнения и сельского хозяйства.
- Изменился вид таблицы в демографическом секторе модели; теперь желаемый размер семьи сильнее меняется в ответ на высокий уровень производства промышленной продукции на душу населения.

- Появилась новая переменная, показатель благосостояния человека — это индикатор благосостояния среднестатистического жителя планеты. Определение этого показателя приводится в прил. 2.
- Появилась новая переменная, экологическая нагрузка — показатель суммарного воздействия на окружающую среду со стороны человечества. Определение этого показателя приводится в прил. 2.
- Изменен масштаб графика численности населения, чтобы диаграммы стали проще для восприятия.
- Появились дополнительные диаграммы, на которых нанесены графики показателя благосостояния человека и экологической нагрузки в период с 1900 по 2100 гг.

Чтобы читателю было удобнее, мы приводим в книге блок-схемы на языке STELLA для новых структур, добавленных в модель. Мы также приводим масштаб графиков, которые характеризуют сценарии. Полный список уравнений на языке STELLA и другая информация приводятся на компакт-диске.

Новые структуры в модели World3-03

На рис. П1.1 показана блок-схема на языке STELLA для структуры, связанной с созданием новых технологий. Для удобства названия приводятся на примере технологии повышения урожайности. Подобные же структуры используются в секторе ресурсов и загрязнений окружающей среды.

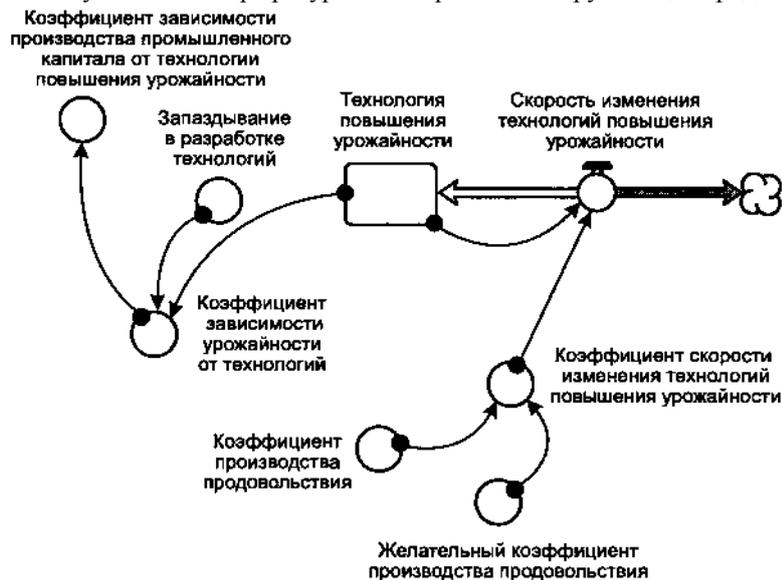


Рис. П1.1. Блок-схема структуры создания новых технологий

Когда переменная модели, которая называется «коэффициент производства продовольствия» (продовольствие на душу, деленное на минимальное количество продовольствия на душу, необходимое для выживания) падает ниже желаемого уровня, модель World3 начинает развивать

технологии, чтобы повысить продуктивность земель. Аналогичным образом новые технологии появляются тогда, когда количество ресурсов на единицу промышленной продукции превышает желаемый уровень, а также когда загрязнение окружающей среды на единицу продукции превышает желаемый уровень.

На рис. П1.2 показана блок-схема на языке STELLA для показателя благосостояния человека (HWI, Human Welfare Index). Составляющие показателя поясняются в прил. 2.

На рис. П1.3 показана блок-схема на языке STELLA для экологической нагрузки (HEF, Human Ecological Footprint). Составляющие показателя поясняются в прил. 2.

Масштабы диаграмм в сценариях модели World3-03 Графики 11 переменных модели World3 распределены по трем диаграммам, которые сопровождают каждый сценарий в этой книге. Мы не указывали численные значения на вертикальных осях графиков, чтобы подчеркнуть, что конкретные численные значения переменных в каждом сценарии не принципиальны. Мы описываем масштаб диаграмм в



Рис. П1.2. Блок-схема показателя благосостояния человека

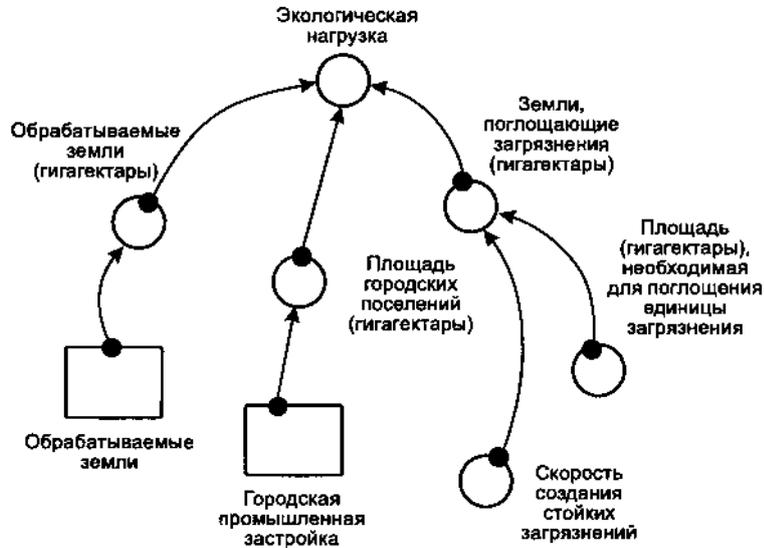


Рис. П1.3. Блок-схема для экологической нагрузки (экологического следа человечества)

этом приложении для тех читателей, которые интересуются техническими деталями моделирования. Наши 11 переменных имеют разные шкалы, но масштаб всех графиков был одинаковым во всех 11 сценариях:

Диаграмма 1. Состояние мира

Переменная	Минимальное значение	Максимальное значение
Численность населения	0	12×10^9
Суммарное производство продовольствия	0	6×10^{12}
Производство промышленной продукции	0	4×10^{12}
Показатель стойких загрязнений	0	40
Невозобновимые ресурсы	0	2×10^{12}

Диаграмма 2. Материальный уровень жизни

Переменная	Минимальное значение	Максимальное значение
Производство на душу населения	0	1000
Потребительские товары на душу населения	0	250
Услуги на душу населения	0	1000
Ожидаемая продолжительность жизни	0	90

Диаграмма 3. Показатель благосостояния человека и экологическая нагрузка

Переменная	Минимальное значение	Максимальное значение
Показатель благосостояния человека	0	1
Экологическая нагрузка (экологический след человечества)	0	4

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Показатели благосостояния человека и его воздействия на окружающую среду

Общая информация

Когда обсуждается будущее человечества на планете Земля, полезно определить два понятия: благосостояние человека и экологическая нагрузка (экологический след). Они описывают соответственно качество жизни среднестатистического жителя планеты, включая материальные и нематериальные составляющие, и суммарное воздействие (нагрузку) от населения на окружающую среду и на мировой запас ресурсов.

Общий смысл обоих понятий уловить нетрудно, но вот определить эти показатели численно — очень сложная задача. К тому же ограниченность доступных данных — наличие статистики не за все годы — вынуждает нас использовать в математических уравнениях серьезные приближения. Говоря в общем, благосостояние человека увеличивается, когда человек больше удовлетворен своей жизнью, при том что это не вызывает снижения благосостояния других людей. Экологическая нагрузка возрастает при увеличении добычи ресурсов, выбросов загрязнителей, деградации земель, при уменьшении биоразнообразия, при условии, что в других областях человеческой деятельности в это же самое время не происходит снижения воздействия на окружающую среду.

Чтобы показать, как используются два этих понятия, можно конечную цель человечества, как мы ее описали в этой книге, изложить другими словами: увеличить благосостояние человека, одновременно сведя экологическую нагрузку к минимально возможному значению, и в результате оставаться в пределах устойчивости экосистемы (в рамках глобальной потенциальной емкости) сколь угодно долго.

Аналитики затратили массу усилий для того, чтобы создать действующие показатели для благосостояния человека и экологической нагрузки. Валовой внутренний продукт (ВВП) на душу населения часто используется как самая простая характеристика благосостояния человека, несмотря на то, что такой подход имеет огромные недостатки. Модель World2¹, предшественник модели World3, использовала «показатель качества жизни» — Quality of Life Index — и по его поводу было много споров. В нем учитывались четыре составляющие: перенаселение, продовольствие, загрязнение и материальное потребление.

Рассмотрев все возможные варианты, мы выбрали показатели, которые описаны далее. Эти показатели — количественные, они лучше подходят для математических моделей. И вместо того чтобы вводить собственные показатели, мы предпочитаем адаптировать к системе те из существующих в мире показателей, которые уже широко используются.

Индекс развития человеческого потенциала (Human Development Index, HDI), используемый Программой ООН по развитию (UNDP)

В качестве показателя благосостояния человека мы выбрали HDI, индекс развития человеческого потенциала, или, как его часто называют, индекс человеческого развития. Его использует Программа ООН по развитию, и его значения рассчитаны для большинства стран, участвующих в программе, за многие годы. Индексы развития человеческого потенциала ежегодно публикуются в отчете *Human Development Report*². В 2001 г. в этом отчете Программа ООН по развитию дала следующее определение этому показателю:

Показатель HDI - это совокупный параметр, характеризующий развитие человеческого общества. В нем отражаются средние достижения в стране по трем основным направлениям человеческого развития:

- Продолжительность жизни и здоровье населения (учитываются в виде ожидаемой продолжительности жизни на момент рождения).
- Образование. Составляющие параметра - доля грамотных во взрослом населении (с весовым коэффициентом 2/3) и совокупная доля населения со средним и высшим образованием (с весовым коэффициентом 1/3).
- Материальный уровень жизни (учитывается в виде валового внутреннего продукта на душу населения с поправкой на курс доллара в соответствии с паритетом покупательной способности)³.

Программа ООН по развитию рассчитывает индекс развития человеческого потенциала HDI как среднее арифметическое перечисленных трех составляющих (индекса ожидаемой продолжительности жизни, индекса образования и индекса ВВП).

Показатели ожидаемой продолжительности жизни и образования линейно возрастают с увеличением ожидаемой продолжительности жизни и распространением грамотности и образования различных уровней среди населения. Индекс ВВП также растет с увеличением валового внутреннего продукта на душу населения. Однако в последнем случае Программа ООН по развитию предполагает, что ВВП на душу населения будет иметь меньше влияния на индекс, если его значение превысит соответствующее значение на душу, достигнутое в восточноевропейских странах в 1999 г.⁴.

Показатель человеческого благосостояния в модели World3

В качестве численной характеристики благосостояния человека в модели World3 используется переменная, которую мы называем показателем

благополучия человека (Human Welfare Index, HWI). Этот показатель — приближение индекса развития человеческого потенциала HDI, используемого Программой ООН по развитию, с учетом только переменных, используемых моделью World3. Полученная в результате поточковая диаграмма на языке STELLA приведена в прил. 1, а ее подробное описание можно посмотреть в материалах World3-03 на компакт-диске.

Показатель благополучия человека в модели World3 — это сумма индекса ожидаемой продолжительности жизни, показателя образования и индекса ВВП, деленная на три. Полученный в результате показатель благополучия HWI возрастает с 0,2 (уровень 1900 г.) до 0,7 (уровень 2000 г.). Он достигает максимального значения 0,8 в самых успешных сценариях примерно в расчетном 2050 году. Значения 0,2, 0,7 и 0,8 соответствуют реальным индексом развития человеческого потенциала HDI в 1999 г. для Сьерра-Леоне, Ирана и республик Прибалтики соответственно.

Значение показателя благополучия человека HWI в 1999 г. очень близко подходит к реальному значению индекса развития человеческого потенциала HDI, рассчитанному Программой ООН по развитию для того же года: было получено значение 0,71 в среднем в мире⁵.

Экологическая нагрузка (экологический след, по методике Матиса Вакернагеля)

В качестве характеристики влияния человека на окружающую среду мы применили адаптированный параметр экологической нагрузки (EF, ecological footprint, экологический след), разработанный группой Матиса Вакернагеля (Mathis Wackemagel) в 90-х гг. XX в. Вакернагель с коллегами рассчитали экологическую нагрузку для целого ряда стран⁶, и в некоторых случаях расчет проводился по данным разных лет, что отражает изменение экологической нагрузки в отдельных странах со временем. Эта характеристика очень показательна и хорошо подходит для наших целей, к тому же Вакернагель заодно рассчитал нагрузку на окружающую среду со стороны мирового населения за период с 1961 по 1999 гг.⁷ Экологическая нагрузка по большинству стран публикуется раз в два года в издании Всемирного фонда защиты природы (World Wide Fund for Nature)⁸.

Вакернагель определяет экологическую нагрузку как площадь территорий, нужных для того, чтобы обеспечить всем необходимым человека при современном стиле его жизни. Экологическая нагрузка рассчитывается в гектарах (в среднем по миру). Эти территории обеспечивают человека посевными площадями, пастбищами для скота, лесами, рыболовными зонами и пространствами под застройку, обеспечивающими определенное население (жителей страны, региона, мира) всем необходимым для поддержания принятого стиля жизни. Лесные площади рассчитываются в соответствии с необходимостью поглощать диоксид углерода, который выбрасывается в окружающую среду при сжигании ископаемого топлива. Все типы земель затем пересчитываются в некий земельный эквивалент —

площади со средней биологической продуктивностью. Количество таких «эквивалентных гектаров» рассчитывается с помощью коэффициента пересчета, который пропорционален биологической продуктивности земли — способности земли производить биомассу. Вакернагель предполагает расширить свою методику, чтобы включить в расчет территории, необходимые для разложения других загрязнений (прочих газов, токсичных отходов и т. п.) и для учета круговорота пресной воды, но сделать это в виде вразумительных расчетов пока не удалось.

Биологическая продуктивность участка земли зависит от того, какие применяются технологии землепользования. Широкое использование химических удобрений обеспечит гораздо больший урожай с гектара. Казалось бы, это должно приводить к снижению экологической нагрузки, ведь земли потребуется меньше, но только если не учитывать дополнительные выбросы CO_2 , вызванные производством этих химических удобрений. А для поглощения этого углекислого газа нужно больше площадей, чем было сэкономлено за счет повышения урожайности. Поскольку технологии непрерывно меняются, Вакернагель вносит изменения и в предположений земли — в соответствии со средним уровнем развития технологий в соответствующий момент времени⁹.

Таким образом, экологическая нагрузка возрастает, когда человечество занимает больше территорий для производства продовольствия и растительных волокон (хлопка, льна и т. п.) и когда увеличиваются выбросы CO_2 . Даже если последние выбросы уже не поглощаются лесами, а вместо этого накапливаются в атмосфере, нагрузка — площадь территорий, которые необходимы для поглощения CO_2 , как если бы он в атмосфере не накапливался — все равно растет. Это наглядно показывает, что выход за пределы возможен, пока содержание парниковых газов не вынудит человечество изменить свое поведение и снизить экологическую нагрузку.

Экологический след человечества в модели World3

В качестве характеристики воздействия человека на окружающую среду в модели World3 мы использовали показатель, который тоже назвали экологической нагрузкой (в английском варианте, чтобы отличать от параметра, введенного Матисом Вакернагелем, показатель называется не EF, а HEF - Human Ecological Footprint, экологический след человечества). Показатель HEF преобразует экологическую нагрузку, рассчитанную по методике Вакернагеля, в формат переменных, используемых моделью Wbrld3. Полученная в результате блок-схема на языке STELLA приведена в прил. 1, а ее подробное описание можно посмотреть в материалах Wbrld3-03 на компакт-диске.

Экологическая нагрузка (экологический след человечества) в модели Wbrld3 — это сумма трех составляющих: площади обрабатываемых земель, используемых в сельском хозяйстве под посевы зерновых культур; площадь под застройку - городские территории и земли, на которых рас-

полагаются промышленные производственные комплексы, а также транспортная инфраструктура; и площадь земель, необходимых для поглощения загрязнений, рассчитываемая пропорционально объемам выбросов стойких загрязнителей. Все территории измеряются в миллиардах гектаров — гигагектарах (10^9).

Экологическая нагрузка переводится в безразмерный вид относительно уровня 1970 г., который принят за единицу, и в результате этот показатель варьируется от 0,5 в 1900 г. до 1,76 в 2000 г., а в какие-то периоды даже превышает 3, что свидетельствует о крайней неустойчивости — так происходит в некоторых сценариях, приводящих к выходу за пределы и катастрофе. В самых успешных сценариях показатель экологической нагрузки удается удержать на уровне меньше 2 на протяжении большей части XXI в. Устойчивый уровень экологической нагрузки, обеспечивающий самоподдержание, вероятно, составляет порядка 1,1, и пройден он был около 1980 г.

Примечания Предисловие авторов

1. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Joigen Randers, and William W. Behrens III, *The Limits to Growth* (New York: Universe Books, 1972).

Было издано еще 2 книги научно-технической направленности: Dennis L. Meadows et al, *The Dynamics of Growth in a Finite World* (Cambridge, MA: Wright-Alien Press, 1974) и Dennis L. Meadows and Donella H. Meadows, *Toward Global Equilibrium* (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1973). Первая из них содержит полную документацию к компьютерной модели World3; во второй приводится 13 глав с дополнительными исследованиями и моделями меньшего масштаба, послужившими этапами построения глобальной модели. Обе книги распространяются издательством Pegasus Communications, One Moody Street, Waltham, MA 02453-5339 (www.pegasuscom.com).

2. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, and Joigen Randers, *Beyond the Limits* (Post Mills, VT: Chelsea Green Publishing Company, 1992). Русский перевод: Бут-Свини Л., Медоуз Д. Сборник игр для развития системного мышления / Под ред. Г.А. Ягодина, Н.П. Тарасовой, М.: Просвещение, 2007.

3. Существовали также модели World1 и World2. Модель World1 была прототипом, ее создал профессор Массачусетского технологического института Джей Форрестер (Jay Forrester) в ответ на запрос Римского клуба по взаимосвязям в глобальной системе различных тенденций и проблем. Модель World2 была заключительной официально документированной работой Форрестера, она описана в книге: Jay W. Forrester, *World Dynamics* (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1971). Книга распространяется издательством Pegasus Communications. Модель World3 была развитием модели World2, были переработаны структура модели и существенно расширена статистическая база данных. Профессор Форрестер был духовным отцом модели World3 и методов системной динамики, на которых она основана.

4. См. отчет *Report of the World Summit on Sustainable Development*, United Nations, A/CONF. 199/20, New York, 2002 (он доступен также на веб-сайте www.un.org). В нем указаны цели, обозначенные в плане мирового развития (Plan of Implementation); например, достичь к 2015 г. двукратного уменьшения численности нуждающихся в чистой питьевой воде и в улучшении санитарного состояния, уменьшить мировые потери биоразнообразия к 2010 г., восстановить мировые зоны рыбной ловли и довести улов до максимального устойчивого уровня к 2015 г. Несмотря на внимание к этим проблемам и обязательствам, по мнению многих наблюдателей из неправительственных организаций, цели отчета WSSD в значительной степени достигнуты не были, а в некоторых случаях были нарушены обязательства, данные десятью годами раньше в Рио-де-Жанейро, и часть из них отозвана.

5. World Commission on Environment and Development, *Our Common Future* (Oxford: Oxford University Press, 1987). Эта комиссия больше известна под

названием Комиссии Брундтланд, по имени ее главы Гру Харлем Брундтланд, занимавшей пост премьер-министра Норвегии. В книге «Пределы роста» мы использовали термин «равновесие» вместо термина «устойчивость».

6. *The World Bank, World Bank Atlas-2003*, Washington, DC, 2003, 64-65.

7. Mathis Wackemagel et al., "Tracking the ecological overshoot of the human economy", *Proceedings of the Academy of Science*, 99, no. 14:9266-9271, Washington, DC, 2002. Материалы также доступны на веб-сайте www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.142033699.

8. См. в материалах: Meadows et al., *The Dynamics of Growth in a Finite World*, 501 и 57, численные значения, использованные в книге «Пределы роста», которые в настоящее время совпадают с данными, приведенными в сборнике Lester Brown et al, *Vital Signs 2000* (New York: W. W. Norton, 2000), 99.

9. Смотрите в материалах: Meadows et al., *The Dynamics of Growth in a Finite World*, 501 и 264, численные значения, использованные в книге «Пределы роста», которые показывают к 2000 г. увеличение на 67% относительно значений 1972 г., что соответствует увеличению в мировом производстве зерна на 63%, указанному в сборнике Brown, *Vital Signs 2000*, 35.

Глава 1. Выход за пределы

1. M. Wackemagel et al., "Ecological Footprints of Nations: How Much Nature Do They Use? How Much Nature Do They Have?", (Xalapa, Mexico: Centro de Estudios para la Sustentabilidad [Center for Sustainability Studies], March 10, 1997). Смотрите также Mathis Wackemagel et al., "Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy", *Proceedings of the Academy of Science* 99, no. 14 (Washington, DC, 2002): 9266-9271. Материалы доступны также на веб-сайте www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.142033699.

2. World Wide Fund for Nature, *Living Planet Report 2002* (Gland, Switzerland: WWF, 2002).

3. Сравнение включает все сценарии кроме двух (Сценариев 0 и 10), которые иллюстрируют совершенно нереальные перспективы мира.

4. U Thant, 1969.

5. "World Scientists' Warning to Humanity", December 1992, обращение доступно в объединении ученых Union of Concerned Scientists, 26 Church Street, Cambridge, MA 02238. Также доступно на веб-сайте www.ucsusa.org/ucs/about/page.cfm?pageID=1009.

6. "Making Sustainable Commitments: An Environmental Strategy for the World Bank" (discussion draft), (Washington, DC: World Bank, April 17, 2001), xii.

7. World Commission on Environment and Development, *Our Common Future* (Oxford: Oxford University Press, 1987), 8.

Глава 2. Движущая сила - экспоненциальный рост

1. Это упражнение описано в книге: Linda Booth-Sweeney and Dennis Meadows, *The Systems Thinking Play book*, vol. 3 (Durham, NH: University of New Hampshire, 2001), 36-48. Русский перевод: Бут Свини Л., Медоуз Д. Сборник игр для развития системного мышления/Под ред. Г.А. Ягодина, Н.П. Тарасовой. М.: Просвещение, 2007.

2. Благодарим за приведенный пример Роберта Лэтгеса (Robert Lattes)..
 3. Этот приближенный расчет дает близкие к истине значения времени удвоения только в том случае, если сложные проценты рассчитываются часто. Например, увеличение на 100% в сутки может дать время удвоения примерно 0,72 дня, то есть 17 ч- если прирост составляет 4,17% в час. Но если сложные проценты рассчитываются лишь один раз в сутки, как в приведенном в книге примере с орехами, тогда время удвоения составит одни сутки.
 4. World Bank, *The Little Data Book 2001* (Washington, DC: World Bank, 2001), 164.
 5. Population Reference Bureau, 1998 World Population Data Sheet.
 6. United Nations Population Division, 1998 *Revision: World Population Estimates and Projections* (New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, 1998).
 7. PRB, 1998 Datasheet.
 8. Валовой национальный продукт (ВНП) равен сумме валового внутреннего продукта (ВВП) и доходов, полученных страной за рубежом. ВВП — денежное выражение производства товаров и услуг в границах государства.
 9. См., например, работу: Partha S. Dasgupta, "Population, Poverty and the Local Environment", *Scientific American*, February 1995,40; Bryant Robery, Shea O. Rutstein, and Leo Morris, "The Fertility Decline in Developing Countries", *Scientific American*, December 1993,60; и Griffith Feeney, "Fertility Decline in East Asia", *Science* 266 (December 2,1994), 1518.
 10. Подробности см. в материале: Donella H. Meadows, "Population Sector", в работе: D. L. Meadows et al., *Dynamics of Growth in a Finite World* (Cambridge, MA Wright-Alien Press, 1974).
- И. Это различие прекрасно иллюстрирует одна история, которую рассказал нам в начале 70-х гг. прошлого века знаменитый геолог М. Кинг Хубберт (M. King Hubbert). Во время Второй мировой войны Великобритания, зная, что японцы готовят вторжение на Малайский полуостров, мировой источник каучука, предприняла грандиозные усилия к тому, чтобы собрать все имеющиеся каучуковые изделия и запасы на одном огромном складе в Индии — предполагалось, что там они будут храниться в безопасности. Это удалось сделать. Когда японцы начали вторжение, в Индии уже были накоплены такие количества каучука, что этого хватило бы на все время войны — на производство покрышек и другой необходимой продукции. Однако все эти запасы за одну ночь сгорели при пожаре. «Да ничего страшного», — заявили некоторые британские экономисты, услышав эту печальную новость. — «Все же было застраховано».
12. См. материалы: William W. Behrens III, Dennis L. Meadows, and Peter M. Milling, "Capital Sector" (в работе: Dynamics of Growth in a Finite World).
 13. John C. Ryan and Alan Thein Duming, Stuff: *The Secret Lives of Everyday Things* (Seattle: Northwest Environment Watch, 1997), 46.
 14. World Bank, World Development Indicators - 2001 (Washington, DC: World Bank, 2001), 4.

15. United Nations Development Program, *Human Development Report 1998* (New York and Oxford: Oxford University Press, 1998), 29.

16. Там же, 2.

17. Смотрите, например, книгу: *Peter Senge, The Fifth Discipline* (New York: Doubleday, 1990), 385-386.

18. Мы везде моделируем циклы «богатые становятся еще богаче» в соответствии с существующими в мире тенденциями, если только не вносим в них намеренные изменения, и тогда это специально подчеркивается.

19. Lester R. Brown, Gary Gardner, and Brian Halweil, "Beyond Malthus: Sixteen Dimensions of the Population Problem", *Worldwatch Paper 143* (Washington, DC: Worldwatch Institute, September 1998).

Глава 3. Пределы: источники и стоки

1. Herman Daly, "Toward Some Operational Principles of Sustainable Development", *Ecological Economics 2* (1990): 1-6. Дальнейшие исследования описаны во введении к работе: Herman Daly, *Beyond Growth* (Boston: Beacon Press, 1996).

2. Актуальную, подробную и систематическую информацию по наиболее критичным глобальным пределам можно получить в сборнике: Lester Brown, *Eco-Economy* (New York: W. W. Norton, 2001), главы 2 и 3. Общий обзор по мировым физическим пределам и статистические данные можно найти в сборнике: *World Resources Institute, World Resources 2000-2001: People and Ecosystems: The Fraying Web of Life* (Oxford: Elsevier Science Ltd., 2002), part 2, "Data Tables".

3. Еще больше путей, способствующих и ускоряющих переход к устойчивому развитию, описано в сборнике: Brown, *Eco-Economy*, главы 4-12.

4. Lester R. Brown, "Feeding Nine Billion", из сборника Lester R. Brown et al., *State of the World 1999* (New York: W. W. Norton, 1999), 118.

5. Рассчитано нами, исходя из предположения о достаточности 230 кг зерна на душу населения в год.

6. WRI, *World Resources 1998-99*, 155.

7. United Nations Food and Agriculture Organization, *The Sixth World Food Survey* (Rome: FAO, 1996).

8. P. Pinstrup-Anderson, R. Pandya-Lorch, and M.W. Rosengrant, 1997, *The World Food Situation: Recent Developments, Emerging Issues, and Long-Term Prospects* (Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 1997).

9. Lester R. Brown, Michael Rermer, and Brian Halweil, *Vital Signs 1999* (New York: W. W Norton, 1999), 146.

10. G. M. Higgins et al., *Potential Population Supporting Capacities of Lands in the Developing World* (Rome: FAO, 1982). Выводы этого технического исследования подведены в нетехническом отчете: Paul Harrison, *Land, Food, and People* (Rome: FAO, 1984). Множитель 16 основан на крайне оптимистичных предположениях и применяется только к развивающимся странам, в которых на данный момент урожайность низка. Организация FAO не проводила подобных исследований для земель в промышленно развитых странах.

11. Sara J. Scherr, "Soil Degradation: A Threat to Developing-Country Food Security by 2020?" *IFPRI Discussion Paper 27* (Washington, DC: IFPRI, February 1999),

45.

12. Объемы продовольствия, которые способно дать нам море, еще более ограниченные, чем продовольствие, которое дают земли, и тем очевиднее выход за пределы устойчивости в этой отрасли. Фантастические предположения о том, что продовольствие можно будет получать без использования земель — аквакультуры, биотехнологии и выращивание культур в цистернах и тенках — реализовать еще сложнее, чем получение продовольствия от других источников, поскольку затраты энергии и капитала на них огромны, равно как и объемы производимых отходов. Производство продовольствия не на основе земель и фотосинтеза за счет энергии солнца будет еще более неустойчивым, чем существующие сельскохозяйственные системы. Генетически модифицированные культуры (по крайней мере, пока) больше направлены на повышение устойчивости к сельскохозяйственным вредителям, к гербицидам, а также на снижение затрат при выращивании, но не на увеличение урожайности - в этом радикального улучшения добиться не удастся.

13. Очень полезные обзорные материалы по эрозии почв в глобальных масштабах содержатся в исследовании: Scherr, "Soil Degradation".

14. United Nations Environment Program, "Farming Systems Principles for Improved Food Production and the Control of Soil Degradation in the Arid, Semi-Arid, and Humid Tropics", результат встречи экспертов под эгидой института International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Hyderabad, India, 1986.

15. B.G. Rosanov, V. Taigulian, and D. S. Orlov, "Soils", in *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere Over the Past 30 Years*, ed. by B. L. Turner et al. (Cambridge: Cambridge University Press, 1990). See also Brown, *Eco- Economy*, 62-68.

16. L.R. Oldeman, "The Global Extent of Soil Degradation", in *Soil Resilience and Sustainable Land Use*, ed. by D. J. Greenland and T. Szaboles (Wallingford, UK: Commonwealth Agricultural Bureau International, 1994).

17. Все рисунки в этом разделе взяты из материалов: Gary Gardner, "*Shrinking Fields: Cropland Loss in a World of Eight Billion*", *Worldwatch Paper 131* (Washington, DC: Worldwatch Institute, 1996).

18. WRI, *World Resources 1998-99, 157*. Потери почвы в период с 1945 по 1990 гг., по оценкам, достигли таких масштабов, что производство продовольствия из-за этого снизилось на 17% в сравнении с тем, каким оно могло бы быть.

19. Цит. по: Cassman, Ruttan, and Loomis, из: Charles C Mann, "Crop Scientists Seek a New Revolution", *Science* 283, January 15, 1999:310.

20. Прекрасный обзор на тему всех этих показателей и их возможного влияния на будущее сельского хозяйства см.: Rosamond Naylor, "Energy and Resource Constraints on Intensive Agricultural Production", *Annual Reviews of Energy and Environment* 21 (1996): 99-123.

21. Janet McConnaughey, "Scientists Seek Ways to Bring Marine Life Back to World's 'Dead Zones,'" *Los Angeles Times*, August 8, 1999.

22. См., например,: Michael J. Dover and Lee M. Talbot, *To Feed the Earth: Agro-Ecology for Sustainable Development* (Washington, DC: WRI, 1987).

23. Литературы на тему «органических», «экологических» методов, использующих малые количества входных потоков, очень много. Общемировые примеры приводятся в материалах федерации International Federation of Organic Agricultural Movements на веб-сайте www.ifoam.org/.
24. David Tilman, "The Greening of the Green Revolution", *Nature* 396 (November 19, 1998): 211; смотрите также L. E. Drinkwater, P. Wagoner, and M. Sarrantonio, "Legume-Based Cropping Systems Have Reduced Carbon and Nitrogen Losses", *Nature* 396 (November 19, 1998): 262.
25. *FoodReview* No. 24-1. (Washington, DC: Food and Rural Economics Division, US Department of Agriculture, July 2001)
26. См. D. H. Meadows, "Poor Monsanto", in *Whole Earth Review*, Summer 1999, 104.
27. Sandra Postel, Gretchen C. Daily, and Paul R. Ehrlich, "Human Appropriation of Renewable Fresh Water", *Science* 271, February 9 1996: 785-788. Эта публикация - источник всех данных, приведенных на рис. 3.5.
28. Суммарная емкость всех созданных человеком запасов составляет примерно 5500 км³, однако лишь чуть более половины этого количества доступно для использования на устойчивой основе.
29. Мировые возможности опреснения воды в 1996 г. составляли порядка 6,5 км³ в год, около 0,1% от суммарного потребления воды человечеством. Опреснение — чрезвычайно капиталоемкая и энергоемкая отрасль. Семь из десяти стран, практикующих опреснение, расположены в Персидском заливе, где другие источники пресной воды практически отсутствуют, зато в избытке доступно ископаемое топливо, и потому энергия, добытая за счет его сжигания, обходится дешево. Peter H. Gleick, *The World's Water 1998-99* (Washington, DC: Island Press, 1999), 30.
30. Предел может быть поднят (и, наверное, так и будет) за счет постройки новых дамб, однако самые подходящие для этого места уже использованы. Строительству дамб препятствует негативное отношение к тому факту, что из-за них уменьшаются площади плодородных сельскохозяйственных земель, затопляются поселения, страдает дикая природа. См. итоговый отчет комиссии World Commission on Dams (www.dams.org), озаглавленный как Dams and Development: A New Framework for Decision-Making (London: Earthscan, 2000).
31. WRI, World Resources 1998-99, 188.
32. Gleick, *Water*, 14.
33. Там же, 1-2.
34. United Nations Development Program, *Human Development Report 1998* (New York: Oxford University Press, 1998), 210.
35. Gleick, *Water*, 2.
36. UN Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World, 1997.
37. Этот и многие другие примеры содержатся в работе: Sandra Postel, *Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?* (New York: W. W. Norton, 1999).
38. Lester R. Brown, "Water Deficits Growing in Many Countries", *Eco^Economy*

Update (Washington, DC: Earth Policy Institute, August 6, 2002), 2-3.

39. Некоторые исследования на конкретных примерах приводятся в работе: Malin Falkenmark, "Fresh Waters as a Factor in Strategic Policy and Action", in *Global Resources and*

International Conflict, вышедшей под редакцией: Arthur H. Westing (Oxford: Oxford University Press, 1986).

40. Следующие примеры и численные значения взяты из работы: Postel, Pillar, а также из книги: Paul Hawken, Amoiy Lovins, and Hunter Lovins, *Natural Capital* (New York: Little, Brown, 1999), chapt. 11.

41. При описании состояния лесов в мире разные авторы приводят сильно отличающиеся данные. Так происходит потому, что существуют различные способы определения качества леса, а также потому, что основная организация, собирающая и представляющая такие данные — FAO — изменила используемые ею определения в оценке, проведенной в 2000 г. В данном разделе мы используем новые данные FAO, взятые из отчета: Forest Resource Assessment (FRA) (Rome: FAO, 2000), www.fao.org/forestry/index.jsp.

42. Dirk Biyant, Daniel Nielsen, and Laura Tangley *The Last Frontier Forests: Ecosystems and Economies on the Edge* (Washington, DC: WRI, 1997), 1,9,12.

43. Оценка взята из материалов центра наблюдения UNEFs World Conservation Monitoring Center в Великобритании (www.unep-wcmc.org/forest/world), включая леса, относимые к категориям IUCN Conservation Categories I-VI. Приводимая оценка является среднемировой. Защищаемые территории в тропической (южные леса) и умеренной зоне (северные леса) примерно одинаковы. Измеряемые как доли площади исходных лесов — покрывавших планету до того, как человек начал массовые вырубki — эти значения должны быть уменьшены в два раза.

44. Обратитесь к материалам: Nels Johnson and Bruce Cabarle, "Surviving the Cut: Natural Forest Management in the Humid Tropics" (Washington, DC: WRI, 1993).

45. WCFSD, *Our Forests*, 48.

46. FAO, Provisional Outlook for Global Forest Products Consumption, Production, and Trade to 2010 (Rome: FAO, 1997).

47. Janet N. Abramovitz and Ashley T Mattoon, "Reorienting the Forest Products Economy", in Brown et al., State of the World 1999, 73.

48. Brown et al., State of the World 1999, 65.

49. Abramovitz and Mattoon, "Forest Products", 64.

50. World Resources 1998-99: Environmental change and human health (Washington, DC, World Resources Institute, 1998).

51. Список адаптирован, взят из источника: Gretchen C. Daily (редактор), Nature's Services: *Societal Dependence on Natural Ecosystems* (Washington, DC: Island Press, 1997), 3-4.

52. См.: Robert Costanza et al., "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital", *Nature* 387 (1997): 253-260. Роберт Костанца с коллегами оценили (и эта оценка носит умеренный характер) объемы «экологического обслуживания», предоставляемого природой, на уровне 33 трлн дол. в год, в то время как

суммарный продукт мировой экономики оценивается на уровне 18 трлн в год.

53. Robert M. May, "How Many Species Inhabit the Earth?" *Scientific American*, October 1992, 42.

54. Joby Warrick, "Mass Extinction Underway, Majority of Biologists Say", *Washington Post*, April 21, 1998, A4.

55. Don Hinrichson, "Coral-Reefs in Crisis", *Bioscience*, October 1997.

56. См., например, "Extinction: Are Ecologists Crying Wolf?" *Science* 253 (August 16, 1991): 736, а также другие материалы по той же теме, выражающие серьезную озабоченность экологов.

57. Species Survival Commission, 2000 IUCN Red List of Threatened Species (Gland, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature, 2000), as quoted in Brown, "Water Deficits", 69.

58. Constance Holden, "Red Alert for Plants", *Science* 280 (April 17, 1998): 385.

59. SSC, IUCN Red List, 1.

60. WWF, *Living Planet Report 2002*.

61. "World Scientists' Warning to Humanity", December 1992. Под этим обращением подписалось более 1600 ученых всего мира, в том числе 102 лауреата Нобелевской премии. Текст доступен в объединении ученых Union of Concerned Scientists, 26 Church Street, Cambridge, MA 02238.

62. Под *коммерческой энергией* понимается энергия, доступная для приобретения на рынке; в этот разряд не попадает энергия, которая получена в локальном масштабе за счет сжигания дров, кизяка и прочих вводов биомассы. *Некоммерческие источники энергии*, как правило, возобновимые, хотя это не означает, что их используют устойчиво. По оценкам, они составляют порядка 7% от суммарного потребления энергии. WRI, *World Resources 1998-99*, 332.

63. U.S. Energy Information Administration, *International Energy Outlook 2003*, table A1, "World Total Energy Consumption by Region, Reference Case, 1990-2025 (Quadrillion BTU)", www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/.

64. International Energy Agency, *World Energy Outlook 2002* (Vienna: IEA, 2002), www.worldenergyoutlook.org/weo/pubs/weo2002/weo2002.asp. Долговременные сценарии можно найти в: World Energy Council, "Global Energy Scenarios to 2050 and Beyond", 1999, www.worldenergy.org/wec-geis/edc/.

65. Bent Sorensen, "Long-Term Scenarios for Global Energy Demand and Supply", Energy & Environment Group, Roskilde University, January 1999.

66. *Производство* — не вполне корректное название для добычи ископаемого топлива из недр земли, оно вводит в заблуждение. Производит это топливо природа, и процесс занимает миллионы лет. Люди не производят топливо, а лишь добывают его в шахтах, поверхностным способом, выкачивают, собирают и т. д. Поэтому, хотя название *производство* широко используется в мире, мы предпочитаем называть это *добычей*, особенно если речь идет об отношении запасов к скорости добычи.

67. Конечно же, капитальное оборудование, с помощью которого производится разведка, добыча, выкачивание, транспортировка и переработка

нефти, тоже расходует (сжигает) ископаемые виды топлива. Если бы других пределов не существовало, единственным пределом использования ископаемого топлива служил бы расход энергии на его добычу: когда он сравнивается с энергией, содержащейся в топливе, добыча станет бессмысленной. См.: Charles A. S. Hall and Cutler J. Cleveland, "Petroleum Drilling and Production in the United States: Yield per Effort and Net Energy Analysis", *Science* 211 (February 6, 1981): 576.

68. Эта информация и большая часть приведенных данных получены от Эймори Ловинса (Amory Lovins), Rocky Mountain Institute. Более подробная информация по эффективности использования энергии на транспорте, в промышленности и в строительстве содержится в журнале *Scientific American*, 263, no. 3 (September 1990).

69. UNDP, *Human Development Indicators* 2003, <http://hdr.undp.org/reports/global/2003/indicator/index.html>.

70. Суммарное использование ископаемого топлива человечеством позволяет получить поток энергии порядка 5 тВт. На Землю от Солнца постоянно поступает поток энергии в 80 тыс. тВт

71. Lester Brown et al., *Vital Signs 2000* (New York: W. W. Norton, 2000), 58. Оба графика построены в долларовых ценах 1998 года.

72. American Wind Energy Association, "Record Growth for Global Wind Power in 2002" (Washington, DC: AWEA, March 3, 2002), 1.

73. Peter Bijur, Global Energy Address to the 17th Congress of the World Energy Council, Houston, September 14, 1998.

74. Самый перспективный способ запасания энергии — расщепление молекул воды с высвобождением водорода за счет солнечно-электрического источника энергии. Водородный двигатель, судя по всему, в будущем станет основным видом двигателей на транспорте. Более подробно это описано в гл. 5 в сб.: Brown, *Eco-Economy*.

75. Систематический анализ этих возможностей приведен: John E. Tilton (редактор), *World Metal Demand* (Washington, DC: Resources for the Future, 1990).

76. Organization for Economic Cooperation and Development, *Sustainable Development: Critical Issues* (Paris: OECD, 2001), 278.

77. Информация получена из частной беседы с Александром Моргенсенем (Aleksander Mortensen) из норвежской компании по переработке Tomra ASA (www.tomra.no). В 2001 году мировое производство алюминия из руды достигало 21 млн т в год. В дополнение к этому еще 2,2 млн т алюминия производится из вторичного сырья (www.world-aluminum.org/lai/stats/mdex.asp). Данные по упаковке для прохладительных напитков получены с веб-сайта www.canadean.com; по переработке — с веб-сайта www.container-recycling.org.

78. WRI, Resource Flows: *The Material Basis of Industrial Economies* (Washington, DC: WRI, 1997). В этом источнике приводится обзор по уменьшению материальных потоков в четырех отраслях экономики.

79. Сводные данные по производству отходов в различных странах мира см.: OECD, *Environmental Data: Compendium 1999* (Paris: OECD, 1999).

80. Earl Cook, "Limits to Exploitation of Nonrenewable Resources", *Science* 20 (February 1976).
81. International Institute for Environment and Development and World Business Council for Sustainable Development, *Breaking New Ground: Mining, Minerals, and Sustainable Development* (London: Earthscan, 2002), 83.
82. The United States, Japan, Great Britain, France, Germany, Italy, and Canada.
83. Упомянутая информация получена из: Urs Weber, "The Miracle of the Rhine", *UNESCO Courier* (June 2000), а также из базы данных на веб-сайте комиссии по защите Рейна: International Commission for the Protection of the Rhine, www.iksr.org.
84. Bjorn Lomborg, *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World* (Cambridge: Cambridge University Press, 2001), 203.
85. Там же, 167-176.
86. Там же, 205.
87. WCED, *Our Common Future*, 224.
88. Robert T. Watson, председатель межправительственной группы по вопросам изменения климата (Intergovernmental Panel on Climate Change), представил ключевые выводы в отчете IPCC Third Assessment Report (Climate Change 2001) на Sixth Conference of Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, July 19, 2001. Материалы доступны на веб-сайте www.ipcc.ch.
89. D. H. Meadows et al., *Limits to Growth* (New York: Universe Books, 1972), 79.
90. WWF, Living Planet Report 1999 (Gland, Switzerland: WWF, 1999), 8.
91. R. T. Watson et al., *Climate Change 2001: Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change* (Geneva, Switzerland: IPCC, 2001). Материалы доступны в сопровождении множества иллюстраций на веб-сайте www.ipcc.ch.
92. Красочное представление скептической точки зрения на вопросы изменения климата и другие проблемы окружающей среды можно получить из материалов *Lomborg, Environmentalist*.
93. Необычайно информативный веб-сайт: Climatic Research Unit at the University of East Anglia, Norwich, UK, www.cru.uea.ac.uk.
94. См., например, "Global Warming. Stormy Weather", *Time*, November 13, 2000, 35—40. Он содержит региональные прогнозы погоды в Европе до 2050 года.
95. Watson et al., *Climate Change 2001*.
96. Эти данные получены из анализа проб льда, высверленных с различных глубин антарктического ледяного щита. Льды на полюсах накапливаются в течение многих тысяч лет, слой за слоем, и в каждом из них сохраняются пузырьки воздуха, характеризующие отдаленные геологические эпохи. Изотопный анализ позволяет датировать пробы льда, это дает ключ к пониманию того, какие температуры были в те времена на планете; непосредственный анализ проб воздуха из пузырьков позволяет определить процентное содержание диоксида углерода и метана в воздухе.
97. Committee on Abrupt Climate Change, *Abrupt Climate Change — Inevitable Surprises* (Washington, DC: National Academy Press, 2002), 1.

98. Эти перспективные возможности подробно излагаются в: Ernst von Weizsacker, Amory Lovins, and L. Hunter Lovins, *Factor Four: Doubling Wealth, Halving Resource Use* (London: Earthscan, 1997).

99. UNEP, *Global Environmental Outlook 2000* (London: Earthscan, 1999).

100. Это адаптированная формулировка информации, изначально представленной Эймори Ловинсом (Amory Lovins).

Глава 4. Модель World3: динамика роста в конечном мире

1. Isaac Asimov, *Prelude to Foundation* (New York: Doubleday 1988), 10.

2. Пример такого подхода приводится в материале: Wolfgang Lutz (редактор), *The Future Population of the World: What Can We Assume Today?*. Исправленное и дополненное издание (London: Earthscan, 1996).

3. Компакт-диск содержит блок-схему модели World3 на языке STELLA©, модель кризиса в Сценарии 1 и интерфейс, с помощью которого можно воспроизвести и проанализировать детали всех 11 сценариев, опубликованных в этой книге. Чтобы получить информацию по заказу диска, зайдите на веб-сайт www.chelseagreen.com.

4. Концепция потенциальной (поддерживающей) емкости изначально была определена для простой системы, включающей только численность населения и ресурсы. Например, часто анализировался пример: сколько голов рогатого скота можно устойчиво выпастать на конкретном пастбище, чтобы не произошло перевыпаса и деградации земли. Применительно к численности населения термин «потенциальная емкость» носит гораздо более сложный характер, и общепринятого определения не существует. Характер сложен потому, что люди используют слишком разные виды ресурсов, предоставляемых средой; создают слишком много разных видов отходов; воздействуют на среду самыми разными способами вследствие использования технологий, в результате работы различных общественных институтов, в результате того, что образ жизни у всех разный... Единого мнения насчет того, сколько времени система может устойчиво выдерживать такую нагрузку, не существует. Нет единства и в том, как оставить достаточно возможностей для существования на планете других видов. В любом случае потенциальная емкость — динамическая концепция. Она меняется с погодой, техническим развитием, привычками потребления, климатом и другими факторами. Мы используем это понятие в широком смысле для того, чтобы обозначить численность населения, которая могла бы устойчиво жить на планете в приемлемых условиях на протяжении долгого времени — как минимум в течение многих десятилетий — не истощая совокупную продуктивность планеты. См.: Joel E. Cohen, *How Many People Can the Earth Support?* (New York: W. W. Norton, 1995).

5. Другие авторы полагают, что такое деление на категории полезно для оценки перспектив. См., например, William R. Caton, *Overshoot: The Ecological Basis of Revolutionary Change* (Chicago: University of Illinois Press, 1982), 251—254.

6. M. Wackemagel et al., “Ecological Footprints of Nations: How Much Nature Do They Use? How Much Nature Do They Have?” (Xalapa, Mexico: Centro de Estudios para la Sustentabilidad [Center for Sustainability Studies], March 10, 1997).

7. Мы только в двух сценариях предполагаем, что начальные запасы

невозобновимых ресурсов вдвое меньше, чем в остальных — это Сценарии 0 и 1.

8. Существует 209 таких соединений, все они получаются введением атомов хлора в различные положения бензольных колец молекулы, называемой бифенилом. Все эти соединения в природе не встречались, они созданы человеком.

9. Soren Jensen, *New Scientist* 32 (1966): 612.

10. Популярное представление о соединениях, нарушающих обмен веществ, можно получить из книги: Theo Colbom, Dianne Dumanoski, and John P. Myers, *Our Stolen Future* (New York: Dutton, 1996). В ней также содержатся сотни ссылок на быстрый растущий список научной литературы по этой тематике.

11. СССР прекратил производство бифенилов только в 1990 г.

12. J.M. Marquenie and P.J.H. Reijnders, "Global Impact of PCBs with Special Reference to the Arctic", *Proceedings of the 8th International Congress of Comite Arctique Internationale, Oslo, September 18-22, 1989* (Lillestrom, Norway: NILU).

13. A. Larson, "Pesticides in Washington State's Ground Water, A Summary Report, 1988- 1995", Report 96-303, Washington State Pesticide Monitoring Program, January 1996.

14. См.: "New Cause of Concern on Global Warming", *New York Times*, February 12, 1991.

15. W. M. Stigliani, "Chemical Time Bombs", *Options* (Laxenburg, Austria: International Institute of Applied Systems Analysis, September 1991), 9.

16. В дополнение к переговорам и исследованиям разрушения озонового слоя, описанным в гл. 5, и проблемам изменения климата, упомянутым в гл. 3, существуют также международные программы исследований по «глобальным изменениям». Их финансируют International Council of Scientific Unions (ICSU) и World Meteorological Organization (WMO). В список входят программы: International Geosphere-Biosphere Program (IGBP), World Climate Research Program (WCRP) и International Human Dimensions Program (IHDP). Предпринимается также ряд усилий на уровне отдельных стран и регионов — в качестве примера можно привести программу U.S. Global Change Research Program.

17. Понятие *потребительские товары на душу населения* отражает долю промышленной продукции, направляемой на прямое потребление населением, например, машины, бытовая техника, одежда и обувь. Это составляет порядка 40% суммарного производства. Сюда не входят продовольствие, услуги, инвестиции — они учитываются отдельно. В нашей модели потребительские товары, промышленная продукция и услуги отображают реальные, физические предметы и понятия, однако измеряются они в долларах, поскольку это единственный вид единиц, применяемых в экономических расчетах. В исходной модели все расчеты проводились в долларовых ценах 1968 г., и причин изменить такой подход у нас не было, ведь нас интересовали относительные соотношения, а не абсолютные значения благосостояния. Поскольку сейчас, спустя несколько десятков лет, людям было бы сложно оперировать долларовыми ценами 1968 г. (а тогда доллар был почти вчетверо весомее доллара 2000 г.), в обсуждениях в книге мы ограничивались только относительными экономическими понятиями.

Глава 5. Возвращение к устойчивому состоянию: озоновая история

1. Различные виды хлор- и бромсодержащих соединений способны разрушать стратосферный озоновый слой. Это, например, метилбромид, почвенный инсектицид; четыреххлористый углерод, растворитель; галоны, используемые при тушении пожаров, и другие. Однако основные разрушители озонового слоя — ХФУ, семейство соединений, содержащих фтор, хлор и водород. ХФУ были объектом многих исследований, и сейчас именно на ограничении их использования сконцентрированы основные международные усилия. Поэтому в нашей истории мы тоже сосредотачиваемся именно на них.

2. Aijun Makhijani, Annie Makhijani, and Amanda Bickel, *Saving Our Skins: Technical Potential and Policies for the Elimination of Ozone-Depleting Chlorine Compounds* (Washington, DC: Environmental Policy Institute and the Institute for Energy and Environmental Research, September 1988), 83. Available from the Environmental Policy Institute, 218 O Street SE, Washington, DC 20003.

3. Там же, 77.

4. В. К. Armstrong and A. Krickler, "Epidemiology of Sun Exposure and Skin Cancer", *Cancer Surveys* 26 (1996): 133—153.

5. См., например, Robin Russell Jones, "Ozone Depletion and Cancer Risk", *Lancet* (August 22, 1987), 443; "Skin Cancer in Australia", *Medical Journal of Australia* (May 1, 1989);

Alan Atwood, "The Great Cover-up", *Time* (Australia), 27 February 1989; Medwin M. Mintzis, "Skin Cancer: The Price for a Depleted Ozone Layer", *EPA Journal* (December 1986).

6. Osmund Holm-Hansen, E. W. Heibling, and Dan Lubin, "Ultraviolet Radiation in Antarctica: Inhibition of Primary Production", *Photochemistry and Photobiology* 58, no. 4 (1993): 567-570.

7. A.H. Teramura and J.H. Sullivan, "How Increased Solar Ultraviolet-B Radiation May Impact Agricultural Productivity", in *Coping with Climate Change* (Washington, DC: Climate Institute, 1989), 203.

8. Richard S. Stolarski and Ralph J. Cicerone, "Stratospheric Chlorine: A Possible Sink for Ozone", *Canadian Journal of Chemistry* 52 (1974): 1610.

9. Mario J. Molina and F. Sherwood Rowland, "Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atomic Catalyzed Destruction of Ozone", *Nature* 249 (1974): 810. За это исследование Молина и Роуладц были удостоены Нобелевской премии в области химии в 1995 г.

10. Цитируется: Richard E. Benedick, *Ozone Diplomacy* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1991), 12.

11. J.C. Farman, B.G. Gardiner, and J.D. Shanklin, "Large Losses of Total Ozone in Antarctica Reveal Seasonal C10/N02 Interaction", *Nature* 315 (1985): 207.

12. Период, в течение которого оборудование замеряло необычайно низкое содержание озона, но результаты отсеивались программно, и ученые их не видели, описаны в работе: Paul Brodeur, *Annals of Chemistry*, 71.

13. J.G. Anderson, W.H. Brune, and M.J. Proffitt, "Ozone Destruction by Chlorine Radicals within the Antarctic Vortex: The Spatial and Temporal Evolution of ClO-03

Anticorrelation Based on in Situ ER-2 Data”, *Journal of Geophysical Research* 94 (August 30, 1989): 11,474.

14. Mario J. Molina, “The Antarctic Ozone Hole”, *Oceanus* 31 (Summer 1988).

15. Компания DuPont немедленно прекратила исследования по поиску заменителей для ХФУ после избрания президентом Рональда Рейгана в 1980 г.

16. Политический процесс правдиво и полно описал Ричард Бенедик (Richard Benedick), который был главным переговорщиком от США: R. E. Benedick, *Ozone Diplomacy: New Directions in Safeguarding the Planet*, 2nd ed. (Cambridge, MA, and London: Harvard University Press, 1998).

17. Там же, 215.

18. United Nations Environment Program, “Synthesis of the Reports of the Scientific Assessment Panel and Technology and Economic Assessment Panel on the Impact of HCFC and Methyl Bromide Emissions”, Nairobi, March 1995, section 4.

19. World Meteorological Organization, “Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002”, *Global Ozone Research and Monitoring Project Report 47*, available at www.unep.org/ozone.

20. К тому времени подразделение UNEP, ответственное за сбор информации, прекратило публикацию регулярных по времени данных, поскольку год от года точность информации менялась. См. материалы “Production and Consumption of Ozone Depleting Substances under the Montreal Protocol 1989-2000” (Nairobi: UNEP, 2002), доступные на веб-сайте www.unep.ch/ozone/. Статистика по производству приводится в таблицах 1 и 2, 18 и далее.

21. F. A. Vogelsberg, “An Industry Perspective: Lessons Learned and the Cost of the CFC Phaseout”. Статья была представлена на конференции International Conference on Ozone Protection Technologies, Washington, DC, October 1996.

22. Richard A. Kerr, “Deep Chill Triggers Record Ozone Hole”, *Science* 282 (October 16, 1998) : 391.

23. WMO, “Scientific Assessment”, xiv and xv.

24. World Resources Institute, *World Resources 1998-99* (New York: Oxford University Press, 1998), 178. See also Tim Beardsley, “Hot Coolants”, *Scientific American*, July 1998, 32.

25. Mario J. Molina, “Stratospheric Ozone: Current Concerns”. Статья была представлена на симпозиуме Symposium on Global Environmental Chemistry — Challenges and Initiatives, 198th National Meeting of the American Chemical Society, September 10-15, 1989, Miami Beach, Florida.

26. The Industrial Coalition for Ozone Layer Protection, 1440 New York Avenue NW, Suite 300, Washington, DC 20005.

27. WMO, “Scientific Assessment”, xxxix.

Глава 6. Технология, рынок и выход за пределы

1. Разумеется, если предположить, что технический прогресс происходит достаточно быстро, а его результаты моментально внедряются в жизнь, все проблемы, связанные с растущей экологической нагрузкой, должны разрешаться сами собой. Такой вариант мы описали в Сценарии 0 «Бесконечность на входе,

бесконечность на выходе », в гл. 4.

2. Рынку свойственны собственные временные выходы за рыночные пределы и юз- вращения обратно, и хотя подобные тенденции мы учитывали в других случаях, применительно к рынку мы оставили краткосрочные скачки цен за пределами модели World3 ради упрощения; они не связаны непосредственно с глобальными изменениями, которые протекают на протяжении многих десятилетий.

3. Эту идею с природой в качестве инструмента мы взяли в одном из самых удивительных описаний технологии, которое когда-либо было сделано: С. S. Lewis, “The Abolition of Man”, в Herman Daly, *Toward a Steady-State Economy* (San Francisco: Freeman Press, 1973).

4. Это предположение было сделано в 1970 г., в то время мы применили такие технологии разово в расчетном 1975 г. К реальному 1990 г. некоторые из технологий уже были внедрены в мировую экономику. Поэтому в модель World3 мы внесли некоторые серьезные изменения в численные значения — например, существенно уменьшили количество ресурсов в расчете на единицу промышленной продукции. Такие численные изменения подробно описаны в приложении к книге: Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, and Jorgen Randers, *Beyond the Limits* (Post Mills, VT: Chelsea Green Publishing Company, 1992).

5. Формулировку «адаптивные технологии» мы использовали уже в семидесятых годах, когда готовили технический отчет для исследования «Пределы роста». Смотрите работу: Dennis L. Meadows et al., *Dynamics of Growth in a Finite World* (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1974), 525-537.

6. Lester Brown et al., *Vital Signs 2000* (New York: W. W. Norton, 2000), 53.

7. Brown et al., *Vital Signs 2000*, 41.

8. United Nations Food and Agriculture Organization, “The State of World Fisheries and Aquaculture 2002”, www.fao.org/docrep/005/y7300e/y7300e00.htm.

9. Lester Brown, *Eco-Economy* (New York: W. W. Norton, 2001), 51-55.

10. Данные взяты из источника: World Wide Fund for Nature Endangered Seas Campaign, 2003, www.panda.org/campaigns/marine/sturgeon.

11. Классический анализ этого явления приводится в публикации: Garrett Hardin's “The Tragedy of the Commons”, *Science*, 162(1968): 1243-1248.

12. *Audubon* (September-October 1991), 34.

13. *Dagens Naeringsliv* (норвежский журнал по бизнесу), Oslo (December 9, 2002), 10.

14- Японский журналист сообщил это Полу Эрлиху: Paul Ehrlich, *Animal Extinctions: What Everyone Should Know*, под редакцией R. J. Hoage (Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1985), 163.

15. Erling Moxness, “Not Only the Tragedy of the Commons: Misperceptions of Feedback and Policies for Sustainable Development”, *System Dynamics Review* 16, no. 4 (Winter 2000): 325-348.

Глава 7. Переход к устойчивой системе

1. Смотрите материалы: Duane Elgin, *Voluntary Simplicity*, переиздание (New

York: Quill, 1998), а также Joe Dominguez and Vicki Robin, *Your Money or Your Life: Transforming Your Relationship with Money and Achieving Financial Independence* (New York: Penguin USA, 1999).

2. World Commission on Environment and Development, *Our Common Future* (Oxford: Oxford University Press, 1987).

3. Герман Дейли (Herman Daly) - один из немногих людей, кто уже давно начал думать о том, какие экономические институты могли бы привести мир к устойчивому состоянию. Он предлагает своеобразную смесь рыночных и регулирующих механизмов, над которой стоит подумать. См., например, публикацию: Herman Daly, "Institutions for a Steady-State Economy", in *Steady State Economics* (Washington, DC: Island Press, 1991).

4. Aurelio Peccei, *The Human Quality* (New York: Pergamon Press, 1977), 85.

5. John Smart Mill, *Principles of Political Economy* (London: John W Parker, West Strand, 1848).

6. Хороший пример — выходящий дважды в год отчет WWF *Living Planet Report*. Его публикует фонд World Wide Fund for Nature International, Gland, Switzerland, который предоставляет данные об изменениях биоразнообразия в глобальных масштабах и экологической нагрузки по разным странам.

7. См. книгу: Paul Hawken, Amory Lovins, and L. Hunter Lovins, *Natural Capitalism* (Boston: Back Bay Books, 2000).

8. Lewis Mumford, *The Condition of Man* (New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1944), 398-399.

Глава 8. Средство для перехода к устойчивому развитию

1. Donald Worster (редактор), *The Ends of the Earth* (Cambridge: Cambridge University Press, 1988), 11-12.

2. Ralph Waldo Emerson, Lecture on "War", лекция прочитана в Бостоне, в марте 1838 года. Репринтное издание Emerson's Complete Works, vol. 11 (Boston: Houghton Mifflin, 1887), 177.

3. Авторам известны примеры объединения единомышленников в организации. В нашей предметной области это: Balaton Group (www.unh.edu/ipssr/Balaton.html), Northeast Organic Farming Association (NOFA), Center for a New American Dream (CNAD; www.newdream.org), Greenlist (www.peacestore.us/Public/Greenlist), Greenclips (www.greenclips.com), Northern Forest Alliance (www.northernforestalliance.org), Land Trust Alliance (www.lta.org), International Simulation and Gaming Association (ISAGA; www.isaga.info) и Leadership for Environment and Development (LEAD).

4. В качестве промежуточного этапа можно привести ICLEI, международную ассоциацию местных муниципалитетов (на данный момент их объединилось около 450), которые стремятся применять принципы устойчивого развития. См. материалы на вебсайте www.iclei.org.

5. R. Buckminster Fuller, *Critical Path* (New York: St. Martin's Press, 1981).

6. Abraham Maslow, *The Farthest Reaches of Human Nature* (New York: Viking

Press, 1971).

7. J. M. Keynes, foreword to *Essays in Persuasion* (New York: Harcourt Brace, 1932).
8. Aurelio Pfeccei, *One Hundred Pages for the Future* (New York: Pergamon Press, 1981), 184-185.

Приложение 1. Изменения от модели World3 к World3-03

1. Dennis L. Meadows et al., *Dynamics of Growth in a Finite World* (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1974).
2. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, and Jorgen Randers, *Beyond the Limits*, (Post Mills, VT: Chelsea Green Publishing Company, 1992).
3. Чтобы получить информацию по заказу, обратитесь на веб-сайт www.chelsea-green.com.

Приложение 2. Показатели благосостояния человека и его воздействия на окружающую среду

1. Jay W. Forrester, *World Dynamics* (Cambridge, MA: Wright-Alien Press, 1971).
2. United Nations Development Program, *Human Development Report 2001* (New York and Oxford: Oxford University Press, 2001).
3. Там же, 240.
4. Подробно методика расчета показателя ИРЧП (HDI) приводится там же, 239-240.
5. UNDP, *Human Development Report 2000* (New York and Oxford: Oxford University Press, 2000), 144.
6. Mathis Wackemagel et al., "National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept", *Ecological Economics* 29 (1999): 375—390.
7. Mathis Wackemagel et al., "Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy", *Proceedings of the Academy of Science* 99, no. 14 (Washington, DC, 2002): 9266-9271. См. также рис. П.1 в «Предисловии авторов» к этой книге.
8. World Wide Fund for Nature, *Living Planet Report 2002* (Gland, Switzerland: WWF, 2002).
9. Более подробно методика расчета экологической нагрузки приводится там же, 30.

Перечень таблиц и рисунков с указанием их источников

Предисловие авторов

Рис. В-1. Нагрузка на окружающую среду и уровень самоподдержания (потенциальная емкость биосферы)

Mathis Wackemagel et al., «Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy», *Proceedings of the Academy of Science* 99, no. 14 (2002): 9266—9271, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.142033699.

Глава 1

Рис. 1.1. Численность населения мира

World Population Data Sheet (Washington, DC: Population Reference Bureau), <http://www.prb.org> (accessed in various years).

World Population Prospects as Assessed in 1994 (New York: United Nations, 1994).

Donald J. Bogue, *Principles of Demography* (New York: John Wiley and Sons, 1969).

Рис. 1.2. Мировое промышленное производство

Statistical Yearbook (New York: United Nations, various years).

Demographic Yearbook (New York: United Nations, various years).

World Population Data Sheet, (Washington, DC: Population Reference Bureau), <http://www.prb.org> (accessed in various years).

Industrial Statistical Yearbook (New York: United Nations, various years).

Monthly Bulletin of Statistics (New York: United Nations, various dates).

Рис. 1.3. Концентрация в атмосфере диоксида углерода

С. D. Keeling and T. P. Whorf, «Atmospheric CO₂ Concentrations (ppmv) Derived from In Situ Air Samples Collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii», *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (August 13, 2001), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/>.

A. Neftel, H. Friedli, E. Moor, H. Lotscher, H. Oeschger, U. Siegenthaler, and B. Stauffer. 1994. «Historical CO₂ Record from the Siple Station Ice Core», *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (1994), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/siple.htm>.

Табл. 1.1. Показатели роста в некоторых областях человеческой деятельности

(1950—2000 гг.) *CRB Commodity Yearbook* (New York: Commodity Research Bureau, various years). *International Petroleum Monthly* (Washington, D.C.: Energy Information Administration, U.S. Dept. of Energy), <http://www.eia.doe.gov/ipm> (accessed 1/30/2002).

International Energy Outlook 1998 (Washington, D.C.: Energy Information Administration, U.S. Dept. of Energy, 1998), <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/>.

International Energy Annual 1999 (Washington, D.C.: Energy Information Administration, U.S. Dept. of Energy, 1999), <http://www.eia.doe.gov/iea/>.

Ward's Motor Vehicle Facts and Figures 2000 (Southfield, MI: Ward's Communications, 2000).

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://apps.fao.org/>. *World Population Data Sheet* (Washington, DC: Population Reference Bureau), <http://www.prb.org> (accessed in various years).

Energy Statistics Yearbook (New York: United Nations, various years).

Statistical Yearbook (New York: United Nations, various years). World Motor Vehicle Data, 1998 (Detroit: Automobile Manufacturers Association, 1998).

World Population Prospects as Assessed in 1994 (New York: United Nations, 1994).

Рис. 1.4. Альтернативные сценарии: численность населения и уровень благосостояния

Глава 2

Рис. 2.1. Мировое производство сои

Lester R. Brown et al., *Vital Signs 2000: the Environmental Trends That are Shaping Our Future* (New York: W. W. Norton, 2000).

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://apps.fao.org/>.

Рис. 2.2. Городское население в мире

World Urbanization Prospects: the 1999 Revision (New York: United Nations, 2001).

Рис. 2.3. Сравнение линейного и экспоненциального роста накоплений

Табл. 2.1. Время удвоения

Табл. 2.2. Рост численности населения Нигерии (экстраполяция)

Census Bureau International Data Base,
<http://www.census.gov/ipc/www/idbnew.html>.

Рис. 2.4. Контур обратной связи при росте популяции дрожжей

The World Population Situation in 1970 (New York: United Nations, 1971).

World Population Prospects: the 2000 Revision (New York: United Nations, 2001),
<http://www.un.org/popin/>.

Табл. 2.3. Прирост населения в мире

The World Population Situation in 1970 (New York: United Nations, 1971).

World Population Prospects: the 2000 Revision (New York: United Nations, 2001), <http://www.un.org/popin/>.

Рис. 2.5. Динамика населения мира

World Population Prospects 2000 (New York: United Nations, 2000).

Donald J. Bogue, *Principles of Demography* (New York: John Wiley and Sons, 1969).

Рис. 2.6. Годовой прирост населения мира

Nathan Keyfitz and W. Flieger, *World Population: an Analysis of Vital Data* (Chicago: Univ. Chicago Press, 1968).

J. Chesnais, *The Demographic Transition: Stages, Patterns, and Economic Implications; a Longitudinal Study of Sixty-Seven Countries Covering the Period 1720—1984* (New York Oxford University Press, 1992).

Demographic Yearbook (New York: United Nations, various years).

World Population Data Sheet (Washington, DC: Population Reference Bureau),
<http://www.prb.org> (accessed in various years).

United Kingdom Office of Population Censuses & Surveys, *Population Trends*, no. 52 (London: HMSO, June 1988).

United Kingdom Office for National Statistics (ONS), *National Statistics Online: Birth Statistics: Births and patterns of family building England and Wales (FMI)*, <http://www.statistics.gov.uk/STATBASE/Product.asp?vlnk=5768>.

Statistical Yearbook of the Republic of China. (Taipei: Directorate-General of Budget, Accounting & Statistics, Executive Yuan, Republic of China, 1995).

Рис. 2.7. Контур обратной связи рождаемости и смертности

World Population Data Sheet 2001 (Washington, DC: Population Reference Bureau, 2001), <http://www.prb.org>.

World Bank, "World Development Indicators (WDI) Database",
<http://www.worldbank.org/data/dataquery.html> (accessed 1/15/04).

Рис. 2.8. Демографический переход в промышленно развитых странах (А) и странах со слаборазвитой промышленностью (В)

Рис. 2.9. Коэффициент рождаемости и валовой национальный доход на душу населения в 2001 г.

U.S. Dept. of Commerce, *Bureau of Economic Analysis Interactive Access to National Income and Product Accounts Tables*, <http://www.bea.doc.gov/bea/dn/nipaweb/>.

Рис. 2.10. Потоки физического капитала в экономической системе модели World3
World Development Indicators CD-ROM (Washington, DC: World Bank, 2002).

Рис. 2.11. Контур обратной связи промышленного капитала

World Development Indicators CD-ROM (Washington, DC: World Bank, 1999).

Рис. 2.12. Распределение валового внутреннего дохода США по секторам

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database,

<http://apps.fao.org/>. *The State of Food and Agriculture* (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, various years).

Рис. 2.13. Валовой внутренний доход (ВВД) на душу населения в 10 самых населенных странах мира и Европейском валютном союзе World Bank

Рис. 2.14. Неравенство распределения доходов в мире World Bank

Рис. 2.15. Нищета и численность населения

Рис. 2.16. Производство продовольствия по странам света

Глава 3

Рис. 3.1. Население и капитал в глобальной экосистеме

R. Goodland, H. Daly, and S. El Serafy "Environmentally Sustainable Economic Development Building on Brundtland", *Environment Working Paper of The World Bank* no. 46 (July 1991).

Рис. 3.2. Мировое производство зерновых

Production Yearbook (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, various years).

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://apps.fao.org/> (accessed 1/25/02).

World Population Data Sheet (Washington, DC: Population Reference Bureau), <http://www.prb.org> (accessed in various years).

Рис. 3.3. Урожайность зерновых культур

Production Yearbook (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, various years).

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://apps.fao.org/> (accessed 1/25/02).

Рис. 3.4. Возможное будущее сельскохозяйственных земель

World Population Prospects as Assessed in 1990 (New York: United Nations, 1990).

World Population Data Sheet 1991 (Washington, DC: Population Reference Bureau, 1991), <http://www.prb.org>.

World Population Projections to 2150 (New York: United Nations, 1998).

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://apps.fao.org/> (accessed 2/27/02).

Рис. 3.5. Пресная вода

Peter Gleick, *The World's Water 2000—2001: the Biennial Report on Freshwater Resources* (Washington, DC: Island Press, 2000).

S. L. Postel, G. C. Daly, P. R. Erlich, "Human Appropriation of Renewable FreshWater", *Science* 271 (Feb. 9 1996): 785-788.

Donald J. Bogue, *Principles of Demography* (New York: John Wiley and Sons, 1969).

World Population Prospects as Assessed in 1994 (New York: United Nations, 1994).

World Population Prospects as Assessed in 2000 (New York: United Nations, 2000).

Рис. 3.6. Использование воды в США

Peter H. Gleick, *The World's Water* (Washington, DC: Island Press, 1998).

Peter Gleick, *The World's Water 2000—2001: the Biennial Report on Freshwater Resources* (Washington, DC: Island Press, 2000).

Рис. 3.7. Сохранившиеся реликтовые леса

The Last Frontier Forests: Ecosystems and Economies on the Edge (World Resources Institute Forest Frontiers Initiative, 1997), <http://www.wri.org/ffi/lfF-eng/>.

Рис. 3.8. Некоторые возможные варианты исчезновения тропических лесов

Рис. 3.9 Использование древесины в мире

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://apps.fao.org/>.

Рис. 3.10. Мировое использование энергии

Energy Statistics Yearbook (New York: United Nations, various years).

U.S. Dept. of Energy, Energy Information Administration, International Energy Data online database, <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/energy.html>.

International Energy Outlook 2001 (Washington, D.C.: Energy Information Administration, U.S. Dept. of Energy, 2001), <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/>.

Табл. 3.1. Годовая добыча нефти, природного газа и каменного угля, а также показатель запас/добыча и ожидаемое время существования ресурса

U.S. Bureau of Mines, *Mineral Facts and Problems* (Washington, DC: Government Printing Office, 1970).

International Energy Statistics Sourcebook, 14th ed. (Tulsa, OK: PennWell Pub. Co., 1999). *International Energy Annual 2001* (Washington, D.C.: Energy Information Administration, U.S. Dept. of Energy, 2001), <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/contents.html>.

IPCC Special Report on Emissions Scenarios, Chapter 3.4.3.1, "Fossil and Fissile Resources", <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/071.htm> (accessed 1/19/04).

Рис. 3.11. От разведенных запасов к добытому топливу

Basic Petroleum Data Book (Washington, D.C.: American Petroleum Institute, 1981).

Annual Energy Review (Washington, D.C.: Energy Information Administration, U.S. Dept. of Energy), <http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/txt/tab0502.htm>.

Рис. 3.12. От еще не открытых запасов к загрязнению

Kenneth S. Deffeyes, *Hubbert's Peak: the Impending World Oil Shortage* (Princeton: Princeton University Press, 2001), 5.

Рис. 3.13. Добыча и потребление нефти в США

Рис. 3.14. Сценарии мировой добычи нефти

Рис. 3.15. Возможные перспективы истощения газовых ресурсов в будущем

"What Are the Factors in the Cost of Electricity from Wind Turbines?", American Wind Energy Association, 2000.

Renewable Energy 2000: Issues and Trends (Washington, D.C.: Energy Information Administration, U.S. Dept. of Energy, Feb. 2001),

http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/rea_issues/.

Рис. 3.16. Новые месторождения для поддержания роста потребления

C. G. M. Klein Goldewijk and J. J. Battjes, "A Hundred Year (1890—1990) Database for Integrated Environmental Assessments (HYDE, version 1.1)", (Bilthoven, the Netherlands: National Institute of Public Health and the Environment, 1997).

U.S. Bureau of Mines, *Minerals Yearbook* (Washington, DC: Government Printing Office, various years).

U.S. Geological Survey, Statistical Compendium on-line resource,

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/stat/>.

CRB Commodity Yearbook (New York: Commodity Research Bureau, various

years).

Рис. 3.17. Стоимость энергии ветра и энергии фотоэлементных сетей

C. G. M. Klein Goldewijk and J. J. Battjes, "A Hundred Year (1890—1990) Database for Integrated Environmental Assessments (HYDE, version 1.1)", (Bilthoven, the Netherlands: National Institute of Public Health and the Environment, 1997).

U.S. Bureau of Mines, *Minerals Yearbook* (Washington, DC: Government Printing Office, various years).

U.S. Geological Survey, Statistical Compendium on-line resource, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/stat/>.

CRB Commodity Yearbook (New York: Commodity Research Bureau, various years).

Табл. 3.2. Ожидаемые разведанные запасы по 8 металлам

Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD), *Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development* (London: Earthscan, 2002), <http://www.iiied.org/mmsd/finalrieport/>.

Рис. 3.18. От неразведанных запасов к переработке и повторному использованию
U.S. Bureau of Mines, *Minerals Yearbook* (Washington, DC: Government Printing Office, various years).

U.S. Geological Survey, Statistical Compendium on-line resource, <http://minerals.usgs.gov/rminerals/pubs/stat/>.

Рис. 3.19. Мировое потребление пяти основных металлов

Рис. 3.20. Мировое потребление стали

DDT: IVL Swedish Environmental Research Institute, *Swedish Environmental Monitoring Surveys Database*, <http://www.ivl.se/miljo/projekt/dvsb/> (accessed

Cesium-137: AMAP Assessment Report: *Arctic Pollution Issues* (Oslo, Norway: Arctic Monitoring and Assessment Programme, 1998),

<http://www.amap.no/Assessment/ScientificBackground.htm>.

Lead: *America's Children and the Environment: Measures of Contaminants, Body Burdens, and Illnesses*, 2nd ed. (Washington, DC: Environmental Protection Agency, Feb. 2003), http://www.epa.gov/envirohealth/children/ace_2003.pdf.

Рис. 3.21. Обоеднение медной руды, добываемой в США

World Development Indicators CD-ROM (Washington, DC: World Bank, 2001).

OECD Environmental Data: Compendium (Paris: Organization for Economic Co-Operation and Development, various years).

C02: G. Marland, T. A. Boden, and R. J. Andres, "Global, Regional, and National Fossil Fuel C02 Emissions", *Trends: A Compendium of Data on Global Change*,

http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/em_cont.htm.

SOX and NOX. World Resources Database CD-ROM Electronic Resource (Washington,

D. C.: World Resources Institute, 2000).

Energy use: *Energy Balances of Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) Countries, on diskette (Paris: Organization for Economic Co-Operation and Development, various years).

Рис. 3.22. Обоеднение медной руды приводит к существенному росту отходов производства Andrew Goudie, *The Human Impact on the Natural Environment* (Oxford: Blackwell, 1993), 224.

P. Kristensen and H. Ole Hansen, *European Rivers and Lakes: Assessment of Their*

Environmental State (Copenhagen: European Environmental Agency, 1994), 49.

OECD Environmental Data: Compendium (Paris: Organization for Economic Co-Operation and Development, 1999), 85.

New York Harbor Water Quality Survey (New York: NY Department of Environmental Protection, 1997), 55.

Bjom Lomborg, *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World* (Cambridge: Cambridge University Press, 2001), 203.

Рис. 3.23. Уменьшение содержания загрязнителей в окружающей среде и в организме человека CFCs: М. А. К. Khalil and R. A. Rasmussen, "Globally Averaged Atmospheric CFC-11 Concentrations: Monthly and Annual Data for the Period 1975—1992", Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), <http://cdiac.esd.ornl.gov/ndps/dbl010.html>.

CH4: D. M. Etheridge, I. Pearman, P. J. Fraser, "Concentrations of CH4 from the Law Dome (East Side, "DE08" Site) Ice Core(a)", Carbon Dioxide Information Analysis Center (9/1/1994), <http://cdiac.esd.ornl.gov/ftp/trends/methane/lawdome.259>.

C. D. Keeling and T. P. Whorf, "Atmospheric CO₂ Concentrations (ppmv) Derived from In Situ Air Samples Collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii", *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (August 13, 2001), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/>.

A. Neftel, H. Friedli, E. Moor, H. Lotscher, H. Oeschger, U. Siegenthaler, and B. Stauffer, «Historical CO₂ Record from the Siple Station Ice Core», *Trends: A Compendium of Data on Global Change (1994)*, <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/siple.htm>.

N20: J. Fluckiger, A. Dallenbach, B. Stauffer, «N20 Data Covering the Last Millennium», (1999) NOAA/NGDC Paleodimatology Program, <http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/gripn2o.html>.

R. G. Prinn et al., "A History of Chemically and Radiatively Important Gases in Air Deduced from ALE/GAGE/AGAGE" *Journal of Geophysical Research* 115: 17751- 92, <http://cdiac.esd.ornl.gov/ndps/alegage.html>.

Рис. 3.24. Объемы выбросов определенных загрязнителей воздуха

P. D. Jones, D. E. Parker, T. J. Osborn, and K. R. Briffa, "Global and Hemispheric Temperature Anomalies: Land and Marine Instrumental Records", *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (2001), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/temp/jonescru/jones.html>.

Рис. 3.25. Концентрация кислорода в загрязненных водах

Lester R. Brown et al., Worldwatch Institute, *Vital Signs 2000: the Environmental Trends That are Shaping Our Future* (New York: W. W. Norton, 2000).

Рис. 3.26. Концентрация глобальных парниковых газов

J. Jouzel, C. Lorius, J. R. Petit, N. I. Barkov, and V. M. Kotlyakov, "Vostok Isotopic Temperature Record", *Trends '93: A Compendium of Data on Global Change* (1994), <http://cdiac.esd.ornl.gov/flp/trends93/temp/vostok.593>.

C. D. Keeling and T. P. Whorf, "Atmospheric CO₂ Concentrations (ppmv) Derived from In Situ Air Samples Collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii", *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (August 13, 2001), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/>.

J. M. Bamola, D. Raynaud, C. Lorius, and N. I. Barkov, "Historical Carbon Dioxide Record from the Vostok Ice Core", *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (1999), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/vostok.htm>.

R. G. Prinn et al., "A History of Chemically and Radiatively Important Gases in Air Deduced from ALE/GAGE/AGAGE" *Journal of Geophysical Research* 115: 17751—92, <http://cdiac.esd.ornl.gov/ndps/alegage.html>.

J. Chappellaz, J. M. Bamola, D. Raynaud, C. Lorius and Y. S. Korotkevich, "Historical CH₄ Record from the Vostok Ice Cores" *Trends '93: A Compendium of Data on Global Change*

(1994), <ftp://cdiac.esd.ornl.gov/pub/trends93/ch4/>.

Рис. 3.27. Рост средней глобальной температуры CDIAC

Рис. 3.28. Экономические потери в мире от погодных катаклизмов Wbrldwatch Institute

Рис. 3.29. Парниковые газы и средняя глобальная температура за прошедшие 160 тыс. лет CDIAC

Табл. 3.3. Воздействие на окружающую среду в зависимости от численности населения, уровня благосостояния и развития технологий

Глава 4

Рис. 4.1. Питание и ожидаемая продолжительность жизни

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database,

<http://apps.fao.org/> (accessed 12/17/01).

World Population Prospects: the 2000 Revision (New York: United Nations, 2001),

<http://www.un.org/popin/>.

Рис. 4.2. Затраты на обработку новых сельскохозяйственных земель

Dennis L. Meadows et al., *Dynamics of Growth in a Finite World* (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1974).

Рис. 4.3. Возможные варианты приближения численности населения к потенциальной емкости

Рис. 4.4. Контуры обратных связей, определяющих рост численности населения и величины капитала

Рис. 4.5. Контуры обратных связей, определяющих численность населения, промышленный капитал, деятельность сельскохозяйственного сектора и уровень загрязнения окружающей среды

Рис. 4.6. Контуры обратных связей и численности населения, промышленного капитала, капитала сферы услуг и запасов невозобновимых ресурсов

Рис. 4.7. Энергия, необходимая для производства чистого металла из руды

N. J. Page and S. C. Creasey "Ore Grade, Metal Production, and Energy", *Journal of Research* ("U.S. Geological Survey) 3, no. 1 (Jan/Feb 1975): 9—13.

Рис. 4.8. Сценарий 0. Бесконечность на входе, бесконечность на выходе

Рис. 4.9. Структурные причины четырех возможных типов поведения в модели World3

Рис. 4.10. Медленное проникновение 1,2-дихлорпропена в фунтовые воды

N. L. van der Noot, N. V. Waterleidingmaatschappij "Drenthe", Geo-hydrologisch mode- londerzoek ten behoeven van het nitraat- en 1,2-DCP onderzoek in de omgeving van het pompstation Noordbargeres [NV Water Management Institute "Drenthe", Geo-hydrological model studies of the movement of nitrates and 1,2-DCP measurements in the environment of the Nordbargeres pumping station], 1991: R. van de Berg (RIVM), private communication.

Рис. 4.11. Сценарий 1: «отправная точка»

Рис. 4.12. Сценарий 2: больше имеющихся в изобилии невозобновимых ресурсов

Глава 5

Рис. 5.1. Мировое производство хлорфторуглеродов

"Production and Sales of Fluorocarbons", Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study (AFEAS), (2002), http://www.afeas.org/production_and_sales.html.

Рис. 5.2. Поглощение излучения в атмосфере

The Ozone Layer (Nairobi, Kenya: United Nations Environmental Programme, 1987).

Рис. 5.3. Как ХФУ разрушают стратосферный озон

Рис. 5.4. Измерение концентрации озона, станция Халли, Антарктида

J. D. Shanklin, "Provisional Monthly Mean Ozone Values for Faraday/Vernadsky and Hailey", British Antarctic Survey, <http://www.antarctica.ac.uk/met/jds/ozone/>.

Рис. 5.5. Рост концентрации активного хлора и уменьшение концентрации озона в Антарктиде

J. G. Anderson, W. H. Brune, and M. H. Proffitt, "Ozone Destruction by Chlorine Radicals within the Antarctic Vortex: the Spatial and Temporal Evolution of C10-03 Anticorrelation Based on In Situ ER-2 Data", *Journal of Geophysical Research*, 94 no. D9 (Aug. 30, 1989): 11,465-11,479.

Рис. 5.6. Предполагаемое увеличение концентраций стратосферного неорганического хлора и брома в результате выбросов ХФУ

"Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998—Executive Summary, "World

Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project, Report no. 44, <http://www.al.noaa.gov/WWWHD/Pubdocs/Assessment98.html>.

John S. Hoffman and Michael J. Gibbs, "Future Concentrations of Stratospheric Chlorine and Bromine", U.S. Environmental Protection Agency, EPA 400/1—88/005 (Aug. 1988).

R. E. Bendick, *Ozone Diplomacy. New Directions in Safeguarding the Planet*, (Cambridge: Harvard Univ. Press, 1991).

Глава 6

Рис. 6.1. Контур отрицательной обратной связи

Табл. 6.1. Влияние технологии на выбросы стойких загрязнителей в модели World3

Рис. 6.2. Сценарий 3: больше невозобновимых ресурсов, более развитые технологии ограничения выбросов

Рис. 6.3. Сценарий 4: больше невозобновимых ресурсов, более развитые технологии ограничения выбросов и увеличения урожайности земель

Рис. 6.4. Сценарий 5: больше невозобновимых ресурсов, более развитые технологии ограничения выбросов и увеличения урожайности земель плюс программа защиты земель от эрозии

Рис. 6.5. Сценарий 6: больше невозобновимых ресурсов, более развитые технологии ограничения выбросов и увеличения урожайности земель, программа защиты от эрозий и ресурсосберегающие технологии

Рис. 6.6. Нелинейный рост расходов на очистку от загрязнений

T. van Harmelen, J. Bakker, B. de Vries, D. van Vuuren, M. den Elzen, and P. Mayerhofer, "An Analysis of the Costs and Benefits of Joint Policies to Mitigate Climate Change and Regional Air Pollution in Europe", *Soil and Water Pollution* 5 no. 4 (2000): 257—272.

Рис. 6.7. Использование производственных мощностей стран-участниц ОПЕК и мировые цены на нефть

International Energy Statistics Sourcebook (Tulsa, OK: Perm Well Pub. Co., various years). U.S. Dept. of Energy, Energy Information Administration, International Energy Data online database, <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/energy.html>.

Worldwide Petroleum Industry Outlook (Tulsa, OK: PennWell Pub. Co., various years).

Рис. 6.8. Мировой вылов рыбы

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://apps.fao.org/>.

Рис. 6.9. Уменьшение популяции голубого тунца

"Report of the ICCAT SCRS West Atlantic Bluefin Tuna Stock Assessment Session", International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) *Collective Volume of Scientific Papers*, Vol. 52 (2001), <http://www.iccat.es/colvol52/colvol52.html>.

Глава 7

Рис. 7.1. Сценарий 7: мир с 2002 г. принимает меры к стабилизации численности населения

Рис. 7.2. Сценарий 8: мир с 2002 г. стремится к стабильной численности населения и стабильному объему производства на душу населения

Рис. 7.3. Сценарий 9: мир с 2002 г. стремится к стабильной численности населения, стабильному объему производства на душу населения, а также применяет технологии ради уменьшения загрязнения среды, эффективного использования ресурсов и увеличения урожайности в сельском хозяйстве

Рис. 7.4. Сценарий 10: те же меры по достижению устойчивости, что и в Сценарии

9, однако принимаются они на 20 лет раньше, в 1982 г.

Приложение 1

Рис. П 1.1. Блок-схема структуры создания новых технологий Рис. П 1.2. Блок-схема

показателя благосостояния человека

Рис. П 1.3. Блок-схема для экологической нагрузки (экологического следа человечества)

Монография

Донелла Медоуз, Йорген Рандерс, Деннис Медоуз
ПРЕДЕЛЫ РОСТА. 30 ЛЕТ СПУСТЯ

Редактор *В.В. Космин* Художник *И.А. Слюсарев* Корректор
Н.А. Самсонова

Компьютерный дизайн и верстка *С.Н. Лаврентьева*

- Строить более высокие дымовые трубы, чтобы загрязнение воздуха распространялось на более удаленные территории, где дымом будет дышать кто-ни- будь другой.
- Отправлять токсичные химикаты или ядерные отходы для захоронения в ка- кой-нибудь удаленный район.
- Вылавливать больше рыбы или рубить больше леса, заявляя, что это необходимо ради сохранения рабочих мест или чтобы расплатиться с долгами, хотя при этом подрывается само существование природных запасов, от которых зависят эти рабочие места и уплата долгов.
- Субсидировать добывающие отрасли, несмотря на то, что добываемые ими ресурсы истощаются.
- Разведывать новые месторождения и искать новые ресурсы, при том, что уже имеющиеся ресурсы расходуются неэффективно.
- Компенсировать уменьшающуюся продуктивность земель за счет более широкого использования химических удобрений.
- Удерживать цены за счет правительственных указов и субсидий, чтобы они не могли расти в ответ на истощение ресурса.
- Использовать военную силу или угрожать ее применением, чтобы обеспечить доступ к ресурсам, за которые в противном случае пришлось бы дорого платить.
- Мировой переход к устойчивому обществу вполне возможен без снижения текущей численности населения и уровня промышленного производства.
- Тем не менее для перехода к устойчивому развитию необходимы активные меры по снижению нагрузки на внешнюю среду, что, в свою очередь, потребует осознанного желания и готовности населения ограничить размер семьи, снизить цели промышленного роста и повысить эффективность

использования ресурсов планеты.

- Существует множество путей построения устойчивого общества, вариантов численности населения, жизненных стандартов, вложений в технический прогресс, распределения инвестиций в промышленное производство, сферу услуг, производство продовольствия и других материальных видов продукции. Этот выбор необязательно одинаков в разных частях мира, но принимать решение необходимо без промедления.

- *Расширить временные границы при планировании.* Выбор из возможных вариантов не должен ограничиваться краткосрочными перспективами, суммарных расходов и преимуществ, а не сиюминутных результатов, которые можно получить на рынке или на политических выборах. Необходимо стимулировать средства массовой информации, рынок и избирательную систему, чтобы они уважали, учитывали и несли ответственность за проблемы, которые могут проявиться спустя десятилетия, — для этого

необходимо выработать соответствующие
инструменты и процедуры.