

A POTOMAC ASSOCIATES BOOK

THE LIMITS TO
growth

A REPORT FOR
THE CLUB OF ROME'S PROJECT ON
THE PREDICAMENT OF MANKIND

SECOND EDITION

Donella H. Meadows

Dennis L. Meadows

Jørgen Randers

William W. Behrens III



Universe Books
NEW YORK

Пределы
роста

ДОКЛАД ПО ПРОЕКТУ
РИМСКОГО КЛУБА
"СЛОЖНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ
ЧЕЛОВЕЧЕСТВА"

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ

Донелла Х. Медоуз
Денис Л. Медоуз
Йорген Рэндерс
Вильям В. Беренс III



Издательство
Московского университета
1991

ББК 28.08

М 42

УДК 574

ДЕННИС МЕДОУЗ

и его книга

Научный редактор Д.Н.КАВТАРАДЗЕ

Медоуз Донелла Х., Медоуз Деннис Л., Рэндерс Йорген, Беренс III Вильям.

М 42 Пределы роста / Пер. с англ.; Предисл. Г.А.Ягодина. - М.: Изд-во МГУ. - 1991. - 13 л.

ISBN 5-211-02014-6.

Авторы книги - сотрудники Массачусетского технологического института и других научных учреждений США, много лет сотрудничающие с СССР по проблемам защиты окружающей среды. Книга "Пределы роста" знакомит читателя с глобальными проблемами развития человечества, заставляя задуматься о будущем Земли. В ней представлена модель мирового развития, которая показывает, что может произойти в мире, если не предпринять мер по регулированию роста населения, промышленного и сельскохозяйственного производства, а также мер по защите окружающей природной среды. Книга переведена на множество языков, вышла в США вторым изданием (первое - в 1972 г.) и была использована в ряде университетов и колледжей как учебное пособие. Происходящие в мире события породили новую волну интереса к ней.

Для студентов вузов и широкого круга читателей, интересующихся проблемами существования земной цивилизации.

Перевод с английского А.С.Саркисова

м 1903040000(4309000000)-098 КБ 2-4-1991
077(02)-91

ISBN 0-87663-918-X

ISBN 5-211-02014-6

ББК 28.08

© Meadows Donella H., Meadows Denis L., Randers J., Behrens III W. W., 1989

© Перевод на русский язык
А.С.Саркисов, 1991

В 1970 году Римский клуб по совету известного специалиста в области системной динамики Джая У.Форрестера предложил Деннису Л. Медоузу, тогда еще совершенно неизвестному тридцатилетнему 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, капиталовложений, использования невозобновимых ресурсов, загрязнения среды и производства продовольствия. Д.Медоуз с блеском, энтузиазмом и исключительной преданностью делу осуществил 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 Медоуза, человечество уверенно идет на встречу катастрофе, избежать которую можно, 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, и требовала отказаться от наращивания количества в пользу качества. Публика приняла книгу, и в течение короткого времени она разошлась тиражом около 4 млн экземпляров. В дальнейшем книга была переведена более чем на 35 языков, выходила

вторым изданием и свыше тысячи учебных курсов в университетах и колледжах использовали ее как учебное пособие...

И здесь надо с великим огорчением добавить, что на русский язык книга Медоуза и его коллег переведена впервые: ее издание в Советском Союзе не состоялось лишь потому, что основные идеи не отвечали официальной идеологии тех лет. Хотя со временем первого издания прошло уже около 20 лет, тем не менее поставленные в книге проблемы по-прежнему актуальны, и ее приход к нашему читателю можно только приветствовать.

Надо сказать, что Деннис Медоуз за все эти годы поддерживал тесную связь с СССР, неоднократно был у нас с рабочими и дружескими визитами. Достойным завершением этих контактов стало не только издание "Пределов роста", но и успешное развитие плодотворных связей советских и американских ученых и педагогов в области совершенствования экологического образования, распространение в СССР созданных им имитационных игр по проблемам окружающей среды и обмен студентами, изучающими экологию.

В 1989 году Деннис Медоуз совершил турне по крупнейшим вузам страны с чтением лекций по системной динамике и демонстрацией своих имитационных игр. Я счастлив, что судьба подарила мне встречу с этим неординарным человеком. Общение с ним доставляет огромное удовольствие, будит мысль и внушиает оптимизм. Я искренне рад представить его детице нашему читателю.

Профессор Г.А.Ягодин

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ КНИГИ “ПРЕДЕЛЫ РОСТА”

Деннис Медоуз

Директор Института политических и социальных исследований Университета штата Нью-Хэмпшир, г.Дюрам, штат Нью-Хэмпшир, 03842, США.
1 сентября 1990 г.

Происходящие в мире события породили новую волну интереса к данному научному докладу. В этом году новые издания книги "Пределы роста" выходят из печати в нескольких странах. Выход данного нового русского перевода книги имеет особое значение по двум причинам.

Во-первых, советские ученые были связаны с этим проектом Римского клуба с первых дней его возникновения. Они оказали влияние на наше исследование и внесли важный вклад в мировую деятельность в этой области. Во-вторых, происходящие в настоящее время в СССР глубокие политические, экономические и социальные изменения требуют от всех жителей страны большой мудрости при рассмотрении динамики экономического роста и способов защиты окружающей среды. Представленная здесь модель и сценарии будущего развития являются фундаментом этой мудрости.

СВЯЗЬ С СОВЕТСКИМ СОЮЗОМ

Еще до марта 1972 года, когда в мировых научных и политических кругах стало впервые известно о нашей компьютерной глобальной имитационной модели, я уже бывал в СССР и обсуждал наше исследование с ведущими представителями советских научных и политических кругов. Сотрудник Государственного комитета по науке и технике Д.Гвишани пригласил членов Римского клуба посетить Москву и просил представить полученные нами результаты.

В ходе этих первых встреч в Москве у нас появилось много полезных идей, которые затем нашли отражение в на-

шей работе. Мы также установили научные и личные контакты, которые продолжают сохраняться и по сей день. Во Всесоюзном институте системных исследований советскими специалистами под руководством В.Геловани был создан собственный проект моделирования глобального развития. Этот проект стал важным вкладом в мировую деятельность по прогнозированию и изучению будущих мировых тенденций роста численности населения, изменения состояния окружающей среды и экономического развития.

В последнее время я работал, совместно с партнерами из государственного комитета по народному образованию - председателем Геннадием Ягодиным и его коллегами - над созданием новых методов обучения, которые помогут людям постичь основные принципы, определяющие взаимодействие причин и следствий роста численности населения, потребления энергии, материального потребления и экономического развития. В этой связи особенно полезным было участие Д. Кавтарадзе (лаборатория охраны природы Московского университета).

ОСТАЮТСЯ ЛИ ДОСТОВЕРНЫМИ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ?

Часто задается вопрос, продолжаем ли мы и сейчас считать, что полученные в ходе нашего исследования результаты являются точными. В первые годы после выхода в свет нашей книги я, отвечая на этот вопрос, говорил: "Пока слишком рано говорить о какой-либо новой информации по этому вопросу. Когда вы делаете прогноз на 130 лет, требуется десятилетие или еще более длительный срок, чтобы происходящие в мире события предоставили достаточные основания для оценки достоверности прогноза". Но сейчас, когда прошло уже почти два десятилетия, дать ответ на этот вопрос можно и нужно.

Я могу утверждать без всяких оговорок, что все основные движущие силы и основные варианты будущего мирового развития, которые мы выявили и исследовали в своей книге, подтвердились развитием мировых событий и новыми научными открытиями 70-80-х годов. Это подтверждается тем широким вниманием, которое уделяется сегодня многочисленным проявлениям роста численности населения и уровня экономического развития в мировом масштабе. Когда мы впервые опубликовали наш доклад, большинство людей не

признавали, что наступит такое время, когда физический рост на нашей планете станет угрожать самому существованию человеческого рода. Теперь мы наблюдаем, как руководители стран организуют встречи на самом высоком уровне для выработки договоров, которые, как они надеются, ослабят отрицательное воздействие многих факторов, приведших к образованию озоновых дыр, изменению климата, уничтожению тропических лесов, исчезновению некоторых видов животных и растений, истощению рыболовных зон Мирового океана.

В этой связи особенно важно помнить, что мы не предсказывали единственного варианта будущего развития. В книге "Пределы роста" мы представили 12 различающихся компьютерных расчетов, каждый из которых демонстрировал один из возможных путей развития мирового сообщества в промежутке времени между текущим моментом и 2100 годом. Некоторые из этих сценариев заканчивались катастрофами с резким падением численности населения и материального уровня жизни, и наступали эти катастрофы после достижения такой высокой численности, при которой существующих в мире технологий и ресурсов было уже недостаточно для поддержания его жизнедеятельности. Но многие другие компьютерные расчеты показывали весьма привлекательные варианты будущего с устойчивыми значениями, как численности, так и уровня жизни населения, которые, конечно, обеспечивали все потребности человечества в продуктах питания, убежище и культурном развитии. Те движущие силы, которые породили эти сценарии, продолжают действовать в реальном мире и сейчас. Показанные пути развития все еще остаются открытыми для нас. Возможные последствия будут зависеть от тех стратегий развития, которые мы выберем в отношении роста численности населения и расширения материального производства.

Но в своей книге мы сказали, что чем дольше будут сдерживаться фундаментальные изменения в стратегиях развития, тем менее привлекательным будет исходный результат. Это также остается верным и сейчас.

Многие политики, рассматривая наши рекомендации, пришли к неправильным выводам. Они решили, что стабилизация материального роста может быть обеспечена только за счет отказа от достижения целей экономического развития и общего улучшения положения человека на Земле. Но верно как раз обратное. В течение последних двух десятилетий

было неоднократно показано, что существуют способы поднятия качества жизни без валового расширения материального и энергетического потребления. Они быстрее приводят к достижению цели, обходятся дешевле и наносят меньший вред окружающей среде по сравнению с традиционными усилиями, направленными на многократное дублирование уже существующих индустриальных структур.

ЧТО СТАЛО С АВТОРАМИ?

Изменения в профессиональной карьере всех четырех авторов книги за время, прошедшее со дня ее публикации, указывают на те приоритеты, которые выявились в ходе проведения исследования.

Билл Беренс переехал в сельскую местность, где он со своей семьей пытается наладить стиль жизни, основанный на самообеспечении и экологически чистом ведении хозяйства.

Йорген Рэндерс стал директором Главной норвежской бизнес-школы. Он занят обучением будущих руководителей делового мира и передачей им углубленных знаний по инвестиционной политике и управлению производством.

Дейна Медоуз, основной автор текста книги, продолжает писать научные статьи по вопросам охраны окружающей среды и политики. Она стремится оказывать помощь людям в активизации их деятельности в локальных условиях с учетом тех знаний и этических представлений, которые диктуются глобальными условиями.

Денис Медоуз в настоящее время возглавляет лабораторию, которая экспериментирует с усовершенствованными методами обучения. Он стремится создать такой инструментарий, использование которого поможет людям более эффективно управлять сложными системами.

КАК МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЭТУ КНИГУ?

Прежде всего книга "Пределы роста" является учебником. Она рассчитана на круг читателей в возрасте от 15 до 90 лет, которые хотят лучше разобраться в тех проблемах охраны окружающей среды и экономического развития, которые они наблюдают в своей собственной стране и на всем земном шаре. Популярность переводов этой книги более

чем на 35 языков подтверждает ее полезность в этом смысле. Люди из многих стран с самыми разными культурными взглядами нашли в этой книге для себя полезный новый взгляд на существующие тенденции мирового развития. Кроме того, эта книга является отчетом по научному исследованию. Конечно, мы не претендуем на последнее слово в отношении всех затронутых в ней проблем и полное их понимание. Мы честно признаем и неоднократно подчеркиваем, что не располагаем соответствующими данными или опускаем те или иные факторы.

Для тысяч читателей эта книга послужила отправной точкой для начала собственной исследовательской работы. Они трудятся над заполнением информационных пробелов и уточнением основных соотношений. И наконец, наша книга является призывом к действию. Выявленные в ней тенденции развития ведут мировое сообщество к катастрофе. Их можно изменить, но для этого от всех нас потребуются сконцентрированные и длительные усилия.

Эта книга поможет Вам понять, что именно Вы можете сделать в своем собственном доме, в своей социальной группе, в своей собственной стране для того, чтобы избежать нежелательных последствий роста численности населения и экономического развития.

Доктору Аурелио Печ-чей, чья глубокая озабоченность судьбой человечества заставила нас и многих других задуматься над долгосрочными проблемами мирового развития.

ПРИМЕЧАНИЕ АВТОРОВ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Два с половиной неспокойных года, прошедшие со дня публикации нашей книги, не дали никакой информации, которая заставила бы нас пересмотреть основные выводы, представленные в ней. Однако за это время мы смогли завершить и опубликовать два дополнительных технических доклада по нашей работе*. Хотя книга "Пределы роста" содержит всю необходимую информацию для оценки правильности полученных нами общих результатов, вторая и третья книги потребуются тем, кто пожелает продолжить наши исследования, воспроизвести наши графические иллюстрации на ЭВМ или использовать наши модели в процессе обучения.

Для включения в модель "Мир-3" информации, полученной уже после того, как были осуществлены имитационные расчеты на ЭВМ по модели мира для первого издания "Пределов роста", мы изменили несколько численных значений параметров модели "Мир-3" и осуществили более детальное моделирование некоторых динамических явлений. Таким образом, уравнения модели, представленные в докладе "Dynamics of Growth in a Finite World", немного отличаются от

тех уравнений, которые использовались при получении иллюстраций к первому изданию "Пределов роста". Эти изменения не повлияли ни на общее поведение глобальной модели, ни на полученные на ее основе выводы, но они привели к изменению конкретных численных значений в нескольких имитационных расчетах. Для внутренней согласованности этих двух книг настоящее издание "Пределов роста" было немного изменено с целью включения в него расчетов на ЭВМ, полученных посредством той версии нашей глобальной модели, которая в окончательном виде была опубликована в техническом докладе. Указания по изменению механизмов принятия решений, необходимых для воспроизведения двадцати компьютерных расчетов, представленных в этой книге, включены в технический доклад в виде приложения.

* Dennis L. Meadows and Donella H. Meadows (eds.), *Toward Global Equilibrium* (Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1973).

Dennis L. Meadows et al., *Dynamics of Growth in a Finite World* (Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1974).

ПРЕДИСЛОВИЕ

В апреле 1968 года в Риме, в здании "Академия дейлинчей" собралась группа из тридцати человек из 10 стран - ученые, педагоги, экономисты, гуманисты, промышленники, а также служащие национальных и международных организаций. Они собирались в ответ на призыв доктора Аурелио Печчай - итальянского промышленника, экономиста, человека с широким кругозором для обсуждения ошеломляющего своей масштабностью предмета - сложного положения человечества в настоящем и в будущем.

РИМСКИЙ КЛУБ

Эта встреча положила начало существованию "Римского клуба" - неформальной организации, которую вполне уместно стали называть "невидимым колледжем". Цели этой организации заключаются в формировании нового понимания глобальной системы, в которой все мы живем, как системы, состоящей из различных, но взаимозависимых составных частей - экономических, политических, природных и социальных; в распространении этого нового понимания среди людей, ответственных за принятие решений, а также среди общественности всего мира; в содействии, таким образом, новым инициативам в области принятия решений и деятельности по их реализации.

"Римский клуб" продолжает оставаться неформальной международной ассоциацией, численность членов которой к настоящему времени увеличилась приблизительно до семидесяти человек двадцати пяти национальностей. Ни один из его членов не представляет какую-либо государственную организацию, и сама группа не ставит целью выражать какую-

либо одну идеологическую, политическую или национальную точку зрения. Однако все участники группы объединены глубокой убежденностью в том, что основные проблемы, стоящие перед человечеством, настолько сложны и взаимосвязаны, что традиционные институты и механизмы принятия решений больше не в состоянии не только справиться с ними, но даже в полной мере отразить всю их глубину.

Специальности членов "Римского клуба" также различны, как и их национальная принадлежность. Доктор Печчай - основная движущая сила в группе, связан с компаниями "Фиат" и "Оливетти", управляющий консультативной фирмы по экономическому и техническому развитию "Италконсалт" - одной из крупнейших фирм такого рода в Европе. Другие лидеры "Римского клуба": Хью Тимани, руководитель "Батель институт" в Женеве; Александр Кинг, научный директор Организации экономического сотрудничества и развития; Сабуро Окита, руководитель Экономического исследовательского центра в Токио; Эдуард Пестель из Ганноверского технического университета (ФРГ); а также Кэрол Вильсон из Массачусетского технологического института (США). Хотя число членов "Римского клуба" ограничено и не может превышать 100 человек, в настоящее время он расширяется, в его состав входят все новые представители разных культур, национальностей и систем ценностей.

ПРОЕКТ “СЛОЖНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА”

Первые собрания "Римского клуба" завершились принятием решения об организации необыкновенно смелого проекта - "Сложное положение человечества". Цель проекта - рассмотрение комплекса проблем, затрагивающих людей всех стран: нищета среди изобилия; деградация окружающей среды; потеря доверия к социальным институтам; бесконтрольный рост городов; необеспеченность занятости населения; отчуждение молодежи; отрицание традиционных ценностей, а также инфляция и другие денежные и экономические кризисы. Эти и другие проблемы, кажущиеся несвязанными частями всей "мировой проблематики" ("world problematique"), как ее называют в "Римском клубе", обладают тремя общими ха-

рактеристиками: в той или иной степени они имеют место во всех странах; включают в себя технические, социальные, экономические и политические элементы и, что важнее всего, оказывают влияние друг на друга.

Сложное положение человечества как раз и заключается в том, что человек может понять эту проблематику и тем не менее, несмотря на имеющийся у него значительный объем знаний и опыта, не понимает исходных причин, значимости и механизма взаимодействия множества составляющих ее компонентов и вследствие этого не способен выработать эффективные контрмеры. Вследствие этого мы в значительной степени продолжаем рассматривать отдельные компоненты проблемы без осознания того, что целое не является простой суммой своих частей и что изменение одного элемента означает изменение и других.

Первая фаза проекта "Сложное положение человечества" приняла четкие очертания в ходе встреч, проведенных летом 1970 года в Берне (Швейцария) и в Кембридже (США, штат Массачусетс). В ходе состоявшейся в Кембридже двухнедельной конференции профессор Массачусетского технологического института (МТИ) Джей Форрестер представил глобальную модель, которая позволила четко определить многие специфические составляющие мировой проблематики, а также предложил метод анализа поведения и взаимозависимости наиболее важных из этих составляющих. Это представление положило начало первой фазе проекта в МТИ, где пионерская по своей значимости работа профессора Форрестера и его коллег в области системной динамики позволила создать такую систему знаний, которая уникальным образом подходила для решения поставленных исследовательских задач.

Исследования в рамках этой первой фазы проекта проводились международной исследовательской группой под руководством профессора Денниса Медоуза с финансовой поддержкой со стороны фонда компании "Фольксваген". Эта группа рассмотрела пять основных факторов, которые определяют и, таким образом, в конце концов, ограничивают рост на нашей планете: численность населения, сельскохозяйственное производство, природные ресурсы, промышленное производство и загрязнение. Теперь это исследование уже завершено. Настоящая книга является первым отчетом по полученным результатам перед широким кругом читателей.

ДЕЛО ГЛОБАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ

Организация "Потомак ассошийтс" с истинной гордостью и удовольствием присоединяется к "Римскому клубу" и исследовательской группе МТИ своим участием в издании книги "Пределы роста".

Мы, как и "Римский клуб", являемся молодой организацией и уверены, что его цели очень близки нашим целям. Наша цель - выносить новые идеи, новые аналитические разработки, новые подходы к нерешенным проблемам как национального, так и международного характера на рассмотрение всех тех, кому не безразлично качество нашей жизни и направление ее развития и кто хочет участвовать в их созидании. Таким образом, мы рады возможности опубликовать эту смелую и впечатляющую работу в рамках нашей программы по издательству книг.

Мы надеемся что книга "Пределы роста" привлечет к себе пристальное внимание и послужит искрой для разжигания дискуссий во всех странах и социальных группах. Мы надеемся, что она заставит каждого читателя задуматься о последствиях все еще существующего отождествления роста и прогресса. И мы надеемся, что она заставит всех глубоко мыслящих мужчин и женщин вне зависимости от рода их занятий осознать необходимость координированной совместной деятельности уже сейчас, если мы собираемся сохранить обитаемой нашу планету для себя и своих детей.

Вильям Ватс,
Президент организации
"Потомак Ассошийтс" *)

*) "Потомак Ассошийтс" является непринадлежащей никакой политической партии организацией, занимающейся исследовательской деятельностью и аналитическими разработками. Она содействует интенсивному изучению наиболее важных вопросов социальной политики. Цель этой организации - расширение понимания и углубление представлений общественности по наиболее значимым современным проблемам как национального, так и международного характера.

"Потомак Ассошийтс" обеспечивает возможность широкого обсуждения различных точек зрения посредством публикации результатов актуальных исследований и отдельных работ выдающихся деятелей США и других стран. Хотя сам факт публикации организацией "Потомак ассошийтс" результатов любого исследования подразумевает ее веру в основополагающую важность и правильность этого исследования, выраженные в публикации точки зрения являются исключительно точками зрения авторов этой публикации.

ВВЕДЕНИЕ

Мне не хочется показаться чрезмерно драматизирующим ситуацию, но на основании той информации, которая доступна мне как Генеральному секретарю, я могу лишь заключить, что у стран - членов Организации Объединенных Наций, возможно, осталось в запасе 10 лет для того, чтобы прибрать издавна существующие между ними разногласия и положить начало глобальному партнерству, направленному на ограничение гонки вооружений, улучшение среды обитания человека, решение проблемы взрывного роста численности населения, и поддержку усилий по обеспечению развития. Если такое глобальное партнерство не будет осуществлено в ближайшие десять лет, то я очень сильно опасаюсь, что перечисленные мной проблемы достигнут таких ошеломляющих пропорций, что контроль над ними будет уже за пределами наших возможностей.

У Тан, 1969 год.

Те проблемы, которые перечисляет У Тан, а именно гонка вооружений, ухудшение состояния окружающей среды, взрывной рост численности населения и экономический спад, часто называются центральными, долгосрочными проблемами, окружающими современного человека. Многие люди верят, что будущий путь развития и, может быть, даже само выживание человеческого общества зависят от того, как быстро и как эффективно мир будет реагировать на эти проблемы. И тем не менее лишь малая доля населения мира активно стремится к их пониманию и решению.

ОБЛАСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ

Каждый человек в мире сталкивается с целым рядом внешних стимулов и проблем, которые требуют его внимания и участия. Эти проблемы оказывают на него воздействие

на множестве разных уровней. Человек может тратить большую часть своего времени на поиски пропитания на завтрашний день для себя и своей семьи. Его может интересовать личная власть или власть страны, в которой он живет. Его могут заботить на протяжении всей жизни вопросы мировой войны или войны с соперничающим соседним кланом, которая может состояться на ближайшей неделе.

Эти очень сильно различающиеся уровни человеческих интересов могут быть представлены на графике, аналогичном показанному на рисунке 1. График имеет два измерения - пространство и время. Любой человеческий интерес может быть представлен точкой на этом графике в зависимости от того, какое географическое пространство он занимает и какой отрезок времени охватывает. Заботы большинства людей сосредоточены в нижнем левом углу графика. Жизнь этих людей сложна и изо дня в день им приходится затрачивать почти все свои усилия на обеспечение существования как себя, так и своих семей. Мысли и действия другой части людей касаются проблем, более удаленных либо по оси пространства либо по оси времени. Воспринимаемые ими внешние стимулы касаются не только их самих, но и того сообщества, к которому они себя относят. Предпринимаемые ими действия распространяются на длительный период времени, исчисляемый не днями, а неделями или годами.

Временной и пространственный характер интересов каждого-либо человека зависит от его культуры, накопленного опыта и срочности стоящих перед ним проблем на каждом уровне. Большинству людей сначала приходится решать ближайшие проблемы. И лишь затем они переносят свой интерес на более удаленные проблемы. Вообще говоря, чем больше пространство и длина времени интереса, с которыми ассоциируется какая-либо проблема, тем меньше людей, действительно заинтересованных в решении этой проблемы.

Ограничение области интересов чревато разочарованием и опасностями. Существует много примеров ситуаций, когда человек изо всех сил пытается решить какую-нибудь близкую, локальную, проблему, но все его усилия сводятся на нет событиями, происходящими в более широком диапазоне. Заботливо ухоженные поля фермера могут быть уничтожены войной, развязанной другими странами. Планы местных руководителей могут быть разрушены вследствие изменения национальной политики. Экономическое развитие це-

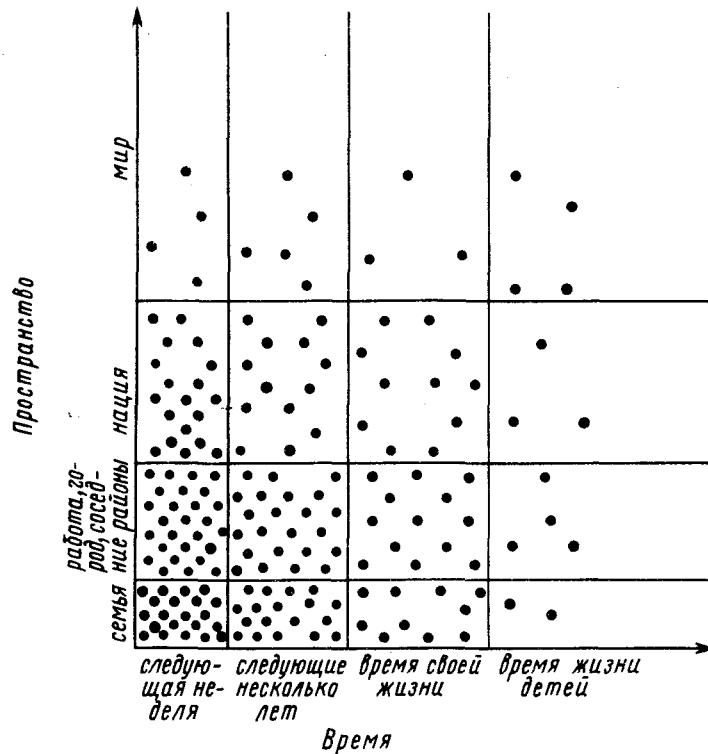


Рисунок 1

ОБЛАСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ

Хотя интересы живущих в мире людей различаются по пространству и времени, которые они охватывают, любой из них попадает в какую-либо часть этого пространственно-временного графика. Интересы большинства живущих в мире людей сосредоточены на вопросах, которые затрагивают только их семью и друзей в течение короткого промежутка времени. Другие заглядывают дальше в будущее или рассматривают большее пространство - город или страну, и лишь совсем немногие интересуются глобальными вопросами, затрагивающими весьма далекое будущее.

лой страны может быть поставлено под угрозу отсутствием мирового спроса на производимую в ней продукцию. В самом деле, на сегодняшний день растет беспокойство относительно того, что большинство задач, которые ставят перед собой отдельные люди или даже целые страны, могут в конце концов оказаться невыполнимыми из-за наличия долгосрочных, глобальных, тенденций, аналогичных тем, о которых говорил У Тан.

Являются ли проявления этих глобальных тенденций действительно настолько опасными, чтобы считать их превалирующими над локальными, краткосрочными интересами?

Верно ли высказывание У Тана о том, что нам отпущено менее десятилетия для установления контроля над этими тенденциями?

Если нам не удастся взять их под контроль, какими будут последствия?

Какими средствами располагает человечество для решения глобальных проблем, какими будут результаты и на какие расходы придется идти при использовании каждого такого средства?

Именно поиском ответов на эти вопросы занимались мы на первом этапе проекта Римского клуба "Сложное положение человечества". Таким образом, наши интересы попадают на пространственно-временном графике в верхний правый угол.

ПРОБЛЕМЫ И МОДЕЛИ

Любой человек подходит к решению своих проблем с помощью моделей, в какую бы часть пространственно-временного графика эти проблемы ни попадали. Модель - это просто упорядоченный набор предположений о сложной системе, это попытка понять какой-либо один аспект бесконечно изменчивого мира путем отбора из всех ощущений и прошлого опыта некоторого набора обобщенных наблюдений, которые могут быть распространены на решаемую проблему. Фермер ежегодно при решении вопроса о том, какой культурой засевать землю, пользуется мысленной моделью своего участка, наличного имущества, перспективной ситуации на рынке и погодных условий в прошлом. Топограф создает физическую модель - карту, которая поможет планировать прокладку дороги. Экономист при исследовании и прогнозировании потоков международной торговли пользуется математическими моделями.

Управленцы любого уровня бессознательно пользуются мысленными моделями при выборе определенных стратегий, которые затем будут оказывать влияние на формирование нашего будущего мира. Эти мысленные модели являются вне зависимости от желания человека очень простыми в сравнении с той реальностью, из которой они взяты. Челове-

ческий мозг, который сам по себе является уникальным творением, тем не менее может отслеживать лишь ограниченное число сложных, одновременно функционирующих взаимозависимостей, определяющих природу реального мира.

Мы также пользовались моделью. Наша модель - формальная, зафиксированная в письменной форме модель мира*.

Эта модель - предварительная попытка усовершенствования наших мысленных моделей долгосрочных, глобальных, проблем посредством объединения того большого запаса информации, который уже накоплен в сознании людей и в письменных источниках, с новым инструментарием для обработки информации, который развивающееся знание человечества предоставило в наше распоряжение: научным методом, системным анализом и компьютером.

Наша модель мира была построена специально для исследования пяти основных тенденций мирового развития - ускоряющейся индустриализации, быстрого роста населения, широко распространенной необеспеченности продуктами питания, истощения невозобновимых ресурсов, и ухудшения состояния окружающей среды. Все эти тенденции взаимосвязаны сложным образом, и их эволюция соотносится скорее с десятилетиями или столетиями, нежели с месяцами или годами. С помощью этой модели мы хотим понять причины возникновения и изменения этих тенденций, механизм их взаимодействия друг с другом и их последствия на будущие сто лет.

Построенная нами модель, как и любая другая модель, является несовершенной, чрезмерно упрощенной и незавершенной. Мы отдаляем себе полный отчет о всех ее недостатках, но считаем ее самой полезной из всех имеющихся в настоящее время моделей для анализа проблем, наиболее удаленных от начала координат на пространственно-временном графике. Насколько нам известно, это единственная существующая формальная модель, которая действительно является глобальной по охватываемому диапазону проблем, имеет временной горизонт более тридцати лет и включает в себя такие важные переменные, как численность населения,

* Модель-прототип, на основе которой мы проводили свою работу, была разработана профессором Дж. В. Форрестером из Массачусетского технологического института (США) и опубликована в его книге "Динамика мира" (Форрестер Дж. Мировая динамика: М., 1978).

производство продовольствия и загрязнение окружающей среды как взаимодействующие друг с другом в своей динамике элементы, что и наблюдается в реальном мире.

Наша модель, будучи формальной, или математической, имеет два дополнительных важных преимущества перед мысленными моделями. Во-первых, любое сделанное нами предположение записано в точной форме и, таким образом, доступно всем для ознакомления и критики. Во-вторых, уже после того, как эти предположения будут внимательно рассмотрены, обсуждены и модифицированы с целью согласования с нашими новейшими знаниями в этой области, воздействие этих предположений на поведение мировой системы в будущем может быть безошибочно прослежено при помощи компьютера вне зависимости от того, каким сложным оно может оказаться.

Мы полагаем, что вышеперечисленные преимущества нашей модели делают ее уникальной среди всех существующих на сегодняшний день математических и мысленных моделей мира, но в существующем виде она не может привести полного удовлетворения. Мы намерены изменять, расширять и усовершенствовать ее по мере того, как будут усовершенствоваться наши собственные знания и база данных по мировому развитию.

Несмотря на предварительный характер работы, мы верим в важность опубликования модели и полученных результатов именно сейчас. Каждый день в разных уголках мира принимаются решения, которые будут оказывать влияние на физические, экономические и социальные условия существования мировой системы на десятилетия вперед. Принятие этих решений не может быть отложено до того времени, когда появятся совершенные модели или будет иметь место полное понимание происходящего. Эти решения все равно будут приняты на основании каких-то моделей, будь они мысленные или зафиксированные в письменном виде. Нам представляется, что описанная здесь модель уже доведена до такого уровня, что может быть полезной людям, занятым в сфере управления. Более того, основные типы поведения системы, генерируемые моделью, являются настолько фундаментальными и общими, что, по нашему мнению, даже после внесения в модель последующих усовершенствований полученные с ее помощью крупномасштабные выводы вряд ли существенно изменятся.

Мы не ставили перед собой целью дать в этой книге

полное научное описание всех данных и математических зависимостей, включенных в модель мира. Такое описание можно найти в заключительном техническом отчете по нашему проекту^{*}.

Мы делаем обзор основных характеристик модели и полученных нами результатов в кратком, нетехническом изложении. Акцент делается не на уравнения или тонкости моделирования, а на то, что эта модель может рассказать нам о мире. В качестве инструмента, который улучшает наше собственное понимание причин и следствий ускоряющихся тенденций развития, характерных для современного мира, мы использовали компьютер, но знакомство с ним вовсе не является необходимым для понимания или обсуждения сделанных нами выводов. Последствия ускоряющихся тенденций развития затрагивают такие вопросы, которые выходят далеко за пределы чисто научного документа. Необходимо их обсуждение не только в среде ученых, но и в более широких слоях общества. Этой книгой мы и хотим положить начало такому обсуждению.

В ходе работы к настоящему времени мы сделали определенные выводы и наверняка не были первыми, кто пришел к таким выводам. В течение нескольких последних десятилетий люди, которые при рассмотрении мировых процессов учитывали их глобальный и долгосрочный характер, приходили к аналогичным выводам. Тем не менее подавляющее большинство управленцев занято активной деятельностью, противоречащей им.

Наши выводы заключаются в следующем:

1. Если существующие на настоящий момент времени тенденции роста населения мира, индустриализации, загрязнения окружающей среды, производства продуктов питания и истощения ресурсов сохранятся неизменными, то уже в течение следующего столетия человечество подойдет к пределам роста.

Наиболее вероятным результатом будет довольно резкое

* Детальное описание данных и предложений, положенных в основу нашей модели, а также те уравнения, по которым были непосредственно получены используемые в тексте книги варианты компьютерных расчетов, представлены в книге Денниса Л. Медоуза и др. "Динамика роста в конечном мире" (Dennis L. Meadows et al. The Dynamics of Growth in a Finite World. Cambridge. Mass.: Wright-Allen press, 1974).

и неуправляемое падение как численности населения, так и промышленного производства.

2. Имеется возможность изменить эти тенденции роста и установить экологически и экономически стабильное состояние, которое может поддерживаться в далеком будущем. Состояние глобального равновесия можно спроектировать таким образом, чтобы для каждого человека на Земле удовлетворялись основные материальные потребности и реализовался его индивидуальный потенциал.

3. Если люди всего мира решат бороться не за первый, а за второй вариант развития, то чем скорее они возьмутся за его воплощение, тем больше шансов на успех будут иметь.

Эти выводы идут настолько далеко и порождают такое множество вопросов для последующего изучения, что мы совершенно искренне ошеломлены масштабностью предстоящей работы. Мы надеемся, что эта книга пробудит интерес у многих людей, занятых в разных областях исследований и работающих в разных странах мира, расширит пространственный и временной горизонт волнующих их проблем и позволит им вместе с нами понять необходимость великого перехода - перехода от роста к глобальному равновесию и подготовиться к нему.

ГЛАВА I ПРИРОДА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РОСТА

Сейчас люди думают, что пять сыновей - не так уж много, и каждый сын тоже имеет пять сыновей, а ко времени смерти деда потомков становится уже 25. Посему людей становится больше, а богатства становится меньше; они работают много, а получают мало.

ХАНЬ ФЕЙ-ЦЗЫ
500 год до н.э.

Все пять основных элементов мировой системы, представленных в данном исследовании, - численность населения, производство продуктов питания, индустриализация, загрязнение окружающей среды и потребление невозобновимых природных ресурсов - в настоящее время подвержены росту. Их годовой прирост имеет закономерность, которую математики называют экспоненциальным ростом. Почти вся текущая деятельность человечества, начиная от использования удобрений и кончая ростом городов, может быть представлена кривыми экспоненциального роста (рисунки 2 и 3). Так как большая часть этой книги посвящена рассмотрению причин и следствий, определяющих экспоненциальный характер роста, важно с самого начала рассмотреть основные характеристики перечисленных факторов.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РОСТА

Большинство людей привыкло воспринимать рост как линейный процесс. Величина считается растущей линейно, если она увеличивается на постоянную величину за каждый постоянный период времени. Например, ребенок, который каждый год становится на один дюйм выше, растет линейно. Если скряга прячет каждый год 10 долларов у себя под мат-

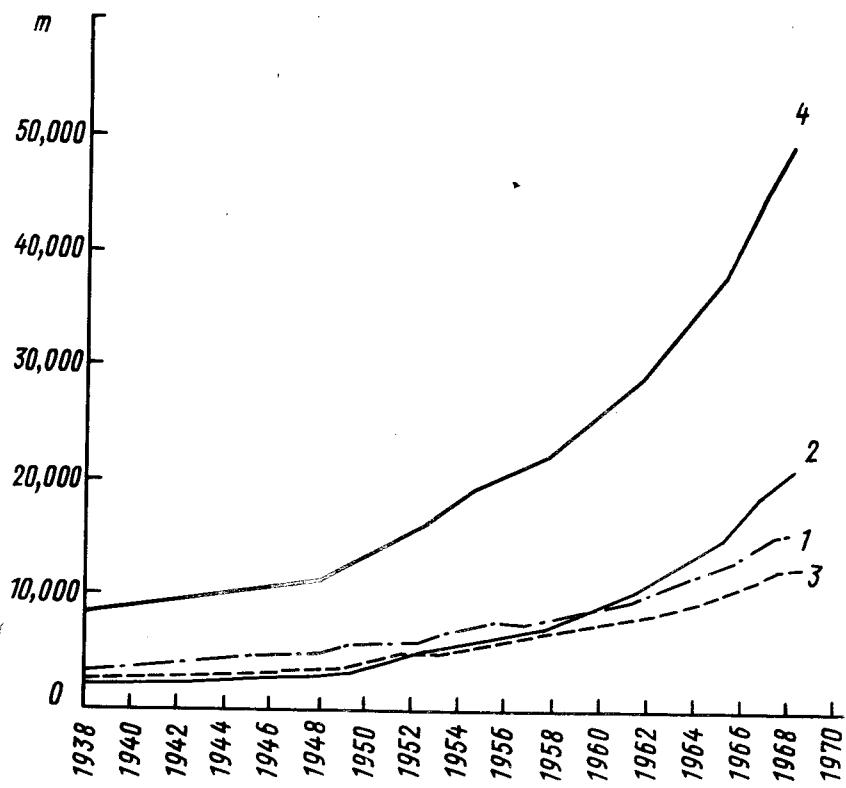


Рисунок 2

МИРОВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Мировое потребление удобрений увеличивается экспоненциально со временем удвоения приблизительно 10 лет. Суммарное использование удобрений в настоящее время в пять раз превышает уровень, который имел место во время второй мировой войны.

Примечание. В графики не включены данные по СССР и КНР.

Источники: Департамент экономических и социальных дел ООН, Статистический годовой сборник за 1955 г.; Статистический годовой сборник за 1960 г. и Статистический годовой сборник за 1970 г. (UN Department of Economic and Social Affairs, Statistical Yearbook 1955, Statistical Yearbook 1960, and Statistical Yearbook 1970, New York: United Nations, 1956, 1961 and 1971).

По вертикальной оси - количество внесенных удобрений, в тысячах метрических тонн; 1 - фосфат; 2 -азот; 3 - поваренная соль; 4 - суммарное потребление

рацем, его денежные запасы также растут линейно. Очевидно, что величина прироста за год не зависит ни от роста ребенка, ни от уже скопившегося под матрацем количества денег. А вот колония клеток дрожжей растет экспоненциально:

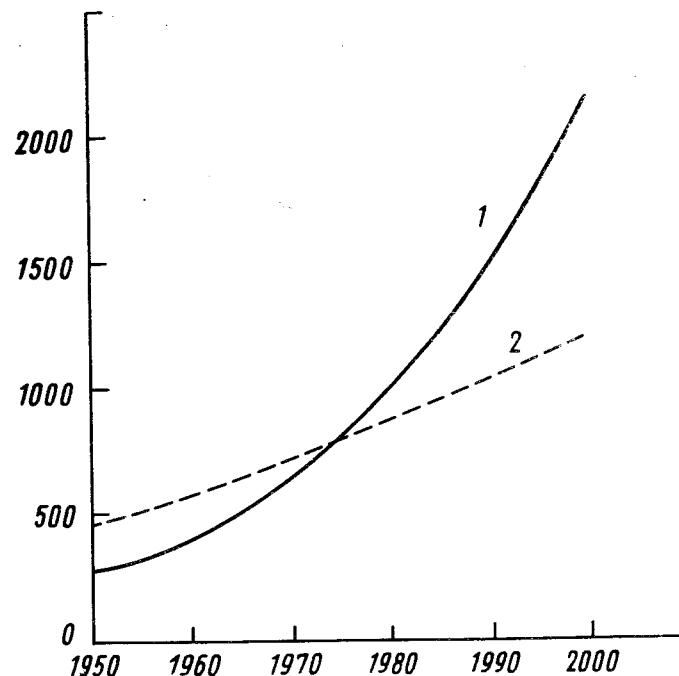


Рисунок 3
ГОРОДСКОЕ НАСЕЛЕНИЕ МИРА

Ожидается экспоненциальное увеличение суммарного городского населения в менее развитых регионах мира и почти линейное в более развитых регионах. В настоящее время среднее значение времени удвоения для городского населения в менее развитых регионах составляет 15 лет.

Источники: Департамент экономических и социальных дел ООН, Справочник о состоянии численности населения мира в 1970 году (UN Department of Economic and Social Affairs, The World Population Situation in 1970, New York: United Nations, 1971).

По вертикальной оси - численность городского населения, млн; 1 - для менее развитых регионов; 2 - для более развитых регионов

из каждой отдельной клетки через каждые десять минут получается уже две клетки, т. е. имеет место их увеличение на 100 %. Спустя следующие десять минут клеток будет уже четыре, затем восемь, потом шестнадцать. Если скряга возьмет у себя из-под матраца 100 долларов и инвестирует их со ставкой 7 % (т. е. так, что общая накопившаяся сумма каждый год увеличивается на 7 %), то вложенные таким образом деньги будут расти намного быстрее, чем линейно растущие у него под матрацем запасы (рисунок 4). Величина, до-

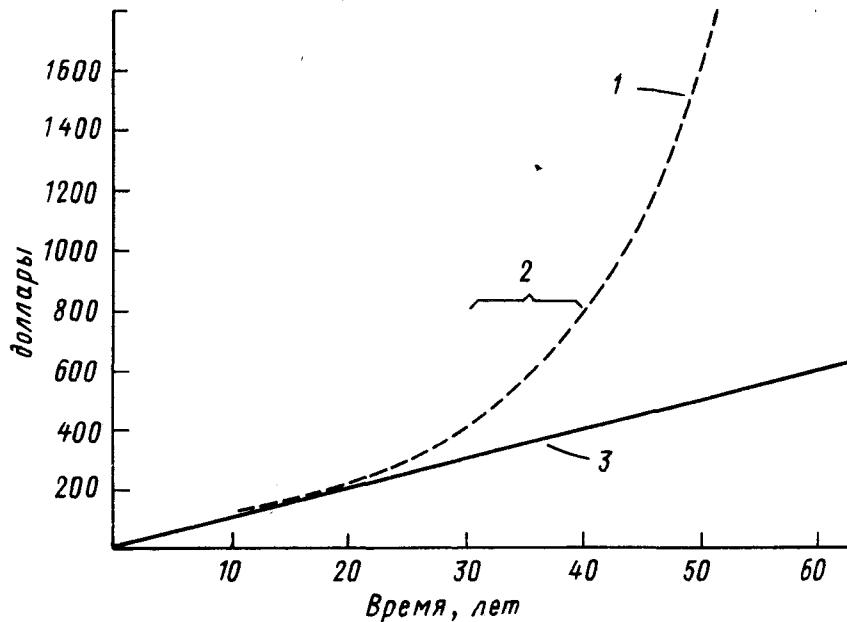


Рисунок 4
РОСТ НАКОПЛЕНИЙ

Если скрига каждый год прячет 10 долларов себе под матрац, его накопления будут расти линейно, как показано более низкой кривой. Если спустя 10 лет он инвестирует свои 100 долларов со ставкой 7 %, то эти 100 долларов начнут расти экспоненциально со временем удвоения 10 лет.

1 - экспоненциальный рост (100 долларов, инвестированных по ставке 7%); 2 - один период времени удвоения; 3 - линейный рост (10 долларов в год "под матрац")

бавляемая каждый год к наличному счету в банке или каждые десять минут к колонии дрожжевых клеток, не является постоянной. Она непрерывно увеличивается, по мере того как увеличивается общий накопленный запас. Такой экспоненциальный рост является вполне обычным процессом в биологических, финансовых и многих других системах окружающего нас мира.

Но несмотря на свою обычность, экспоненциальный рост способен давать удивительные результаты - результаты, которые на протяжении столетий очаровывали человечество. Есть одна старая персидская легенда о мудром придворном, который подарил своему королю красивую шахматную доску и попросил, чтобы король взамен дал ему 1 зернышко риса за первую клетку шахматной доски, 2 зернышка за вторую

клетку, 4 зернышка за третью и т.д. Король сразу согласился и приказал принести рис из кладовых. Для четвертой клетки шахматной доски потребовалось 8 зерен, для десятой клетки - 512 зерен, для пятнадцатой клетки - 16384 зерна, а двадцать первая клетка принесла придворному больше миллиона зерен риса. К сороковой клетке из кладовых уже вынесли миллион миллионов зерен риса. Все запасы риса у короля закончились задолго до того, как он достиг шестьдесят четвертой клетки. Экспоненциальный рост является обманчивым, так как он способен очень быстро генерировать огромные числа.

На примере детской французской загадки иллюстрируется другая характерная черта экспоненциального роста - внезапность, с которой такой рост достигает заданного предела. Предположим, что у вас имеется пруд, в котором растут лилии. Каждый день количество лилий удваивается. Если бы лилиям позволили разрастаться бесконтрольно, то вся поверхность пруда заросла бы за 30 дней, уничтожив при этом все другие формы жизни в воде. В течение довольно долгого периода времени заросшая лилиями часть пруда остается маленькой, и вы решаете не беспокоиться и не срезать лишние лилии до тех пор, пока они не покроют половину поверхности пруда. На какой день это произойдет? Конечно же, на двадцать девятый. Для спасения своего пруда вам остается всего один день*.

Таблица 1. ВРЕМЯ УДВОЕНИЯ

| Темп роста (% в год) | Время удвоения (года) |
|-------------------------|--------------------------|
| 0.1 | 700 |
| 0.5 | 140 |
| 1.0 | 70 |
| 2.0 | 35 |
| 4.0 | 118 |
| 5.0 | 14 |
| 7.0 | 10 |
| 10.0 | 7 |

* Мы благодарим господина Роберта Латтеса за то, что он рассказал нам эту загадку.

Полезно представлять себе экспоненциальный рост в терминах *ВРЕМЕНИ УДВОЕНИЯ* - времени, которое требуется для того, чтобы растущая величина удвоилась. В случае вышеупомянутой заросшей лилиями поверхности пруда время удвоения равнялось одному дню. Денежная сумма, положенная в банк под 7 % годовых, вырастет в два раза через 10 лет. Есть простое математическое соотношение между процентной ставкой, или темпом роста, и временем, которое требуется для увеличения соответствующей величины в два раза. Время удвоения может быть приблизительно вычислено как число 70, деленное на темп роста, как это показано в таблице 1.

МОДЕЛИ И ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ РОСТ

Экспоненциальный рост представляет собой динамическое явление, т.е. в нем задействованы элементы, которые изменяются во времени. В простых системах, таких как счет в банке или зарастание пруда лилиями, причина экспоненциального роста и его развитие являются относительно простыми для понимания. Однако когда в системе имеет место одновременный рост различных величин и когда все эти величины взаимосвязаны друг с другом сложным образом, тогда анализ причин роста и будущего поведения системы становится в действительности очень сложной задачей. Является ли рост населения причиной индустриализации или индустриализация вызывает рост населения?

Лежит ли ответственность за увеличение загрязнения окружающей среды на каждом из этих факторов в отдельности или на обоих вместе? Приведет ли увеличение производства продуктов питания к увеличению численности населения? Если какой-либо из этих элементов станет расти медленнее или быстрее, что произойдет с темпами роста всех других элементов? Это именно те вопросы, которые сегодня дебатируются во многих частях мира. Ответы на них можно найти через более глубокое понимание всей сложной системы, которая объединяет в себе все эти важные элементы.

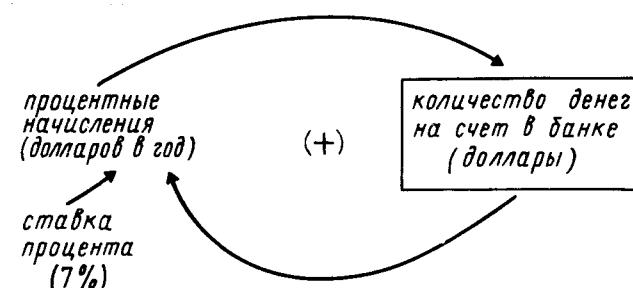
В течение последних 30 лет в Массачусетском технологическом институте (МТИ) был разработан новый метод

анализа динамического поведения сложных систем. Этот метод назван системной динамикой*.

В основе метода лежит признание того факта, что **СТРУКТУРА** любой системы - все множество замкнутых, переплетенных, иногда имеющих запаздывания связей между компонентами системы - часто является таким же важным фактором, определяющим поведение системы, как и сами отдельные компоненты системы. Описанная в этой книге модель мира является системно-динамической моделью.

Теория моделирования динамических процессов указывает, что любая экспоненциально растущая величина так или иначе задействована в каком-либо **контуре положительной обратной связи**. Контур положительной обратной связи иногда называют "порочным кругом". Примером может служить знакомая спираль "зарплата - цены": зарплата увеличивается, из-за этого цены на продукцию растут, что приводит к требованию еще большего повышения зарплаты, и т.д. В контуре положительной обратной связи цепочка *причина - следствие* замыкается на себя, из-за чего увеличение одного элемента, входящего в контур, инициирует последовательность изменений, которая в результате приводит к тому, что первоначально измененный элемент увеличивается еще больше.

Положительный контур обратной связи, который объясняет экспоненциальное увеличение количества денег на счете в банке, может быть представлен следующим образом:



* Детальное описание системной динамики как метода анализа сложных систем представлено в книгах Дж.В.Форрестера "Индустриальная динамика" (М., 1972) и "Принципы систем" (J.W.Forrester. Principles of Systems. Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1968).

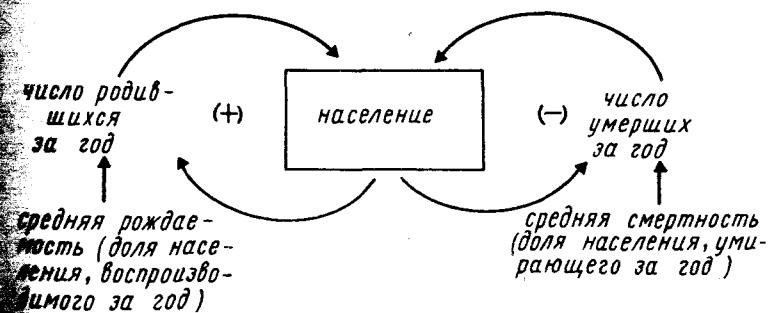
Предположим, первоначально на счет положено 100 долларов. Процентные начисления за первый год составляют 7% от 100 долларов, или 7 долларов, которые добавляются на счет, и суммарный счет становится 107 долларов. Процентные начисления за следующий год также будут составлять 7%, но уже от 107 долларов, или 7,49 долларов, и новый суммарный счет становится 114,49 долларов. На следующий год выплаты процента по этой сумме уже превысят 8,00 долларов. Чем больше денег накапливается на счете в банке, тем большая сумма будет добавляться каждый год в виде выплат по процентам. А чем больше будет добавляться, тем больше будет денег на счете в банке в следующем году, вследствие чего еще больше станут добавляемые выплаты по проценту. И так далее. По мере того как мы проходим снова и снова по этому контуру, накапливаемая на банковском счете денежная сумма растет экспоненциально. Процентная ставка (постоянная, равная 7 %) определяет коэффициент усиления контура, или темп роста денежных накоплений на банковском счете.

Мы можем начать наш анализ динамики долгосрочного мирового развития с поиска положительных колец обратной связи, определяющих экспоненциальный рост тех пяти физических величин, которые мы уже упоминали. В частности, особый интерес представляют темпы роста двух из них - численности населения и уровня промышленного развития, так как часто при разработке стратегии развития в качестве основной задачи ставится обеспечение более быстрого роста последней по сравнению с первой. Два основных контура положительной обратной связи, объясняющих экспоненциальный рост численности населения и уровня промышленного развития, являются в принципе простыми. Несколько следующих страниц мы посвятим описанию их основных структур. Оба контура положительной обратной связи соединяются друг с другом посредством многих взаимосвязей, которые действуют таким образом, что они либо усиливают либо ослабляют действие самих контуров, либо объединяют либо изолируют друг от друга рост численности населения и рост промышленности. Сеть этих взаимосвязей составляет остальную часть модели мира, и их описание занимает почти всю оставшуюся часть книги.

РОСТ НАСЕЛЕНИЯ МИРА

На рисунке 5 показана кривая экспоненциального роста населения мира. В 1650 году численность населения составляла приблизительно 0,5 млрд и увеличивалась с темпом приблизительно 0,3 % в год [1]. Это соответствует времени удвоения, близкому к 250 годам. В 1970 году общая численность населения составила 3,6 млрд, а темп роста был равен 2,1 % в год [2]. При таком темпе роста время удвоения равно 33 годам. Следовательно, численность населения не просто экспоненциально, а таким образом, что и сам темп роста. Можно говорить, что в данном случае рост численности населения является "сверх"-экспоненциальным; кривая численности населения поднимается быстрым если бы имел место обычный экспоненциальный рост.

Ниже показана структура контуров обратных связей, которая объясняет динамику роста численности населения:



С левой стороны расположен контур положительной обратной связи, который объясняет наблюдаемый экспоненциальный рост. При постоянном значении средней рождаемости чем больше будет численность населения, тем больше детей будет рождаться каждый год. Чем больше детей, тем больше станет численность населения в следующем году. После запаздывания - определенного периода времени, который требуется детям для того, чтобы они выросли и сами

¹ Комментарии (указаны в квадратных скобках) начинаются на странице 204.

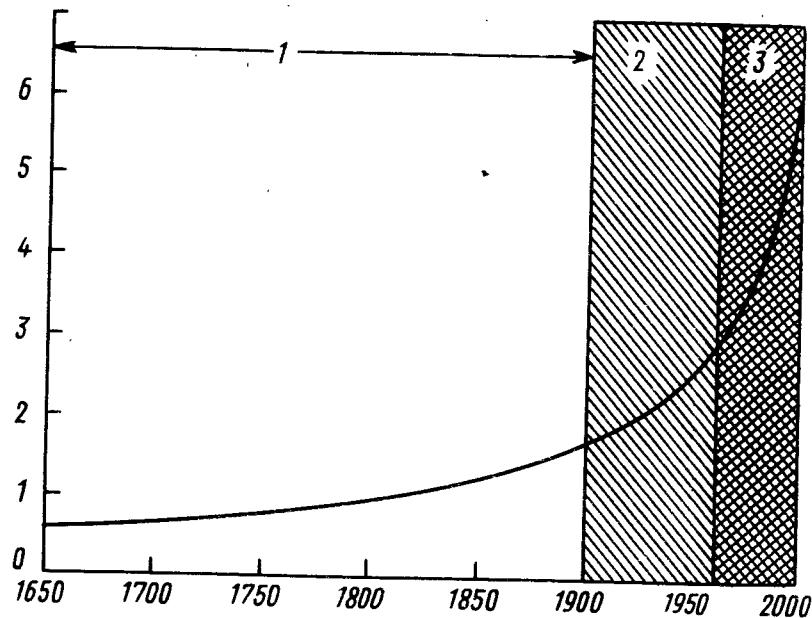


Рисунок 5

НАСЕЛЕНИЕ МИРА

Начиная с 1650 года население мира растет экспоненциально с увеличивающимся темпом роста. Полученные оценки для численности населения на 1970 год уже немного превышают представленный на данном графике прогноз (который был сделан в 1958 году). В существующем мире темп роста численности населения составляет около 2,1% в год, что соответствует времени удвоения, равному 33 годам.

Источник: Дональд Дж. Буг Принципы демографии (Donald J. Bogue. Principles of Demography. New York: John Wiley and Sons, 1969.)

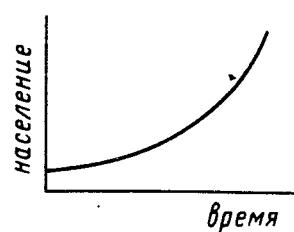
По вертикальной оси - численность населения, млрд: 1 - по оценкам Carr-Saunders / Wilcox; 2 - по оценкам ООН; 3 - по прогнозам ООН

стали родителями, - число родившихся детей станет еще больше, что приведет к еще большему увеличению численности населения. Такой устойчивый рост будет продолжаться до тех пор, пока средняя рождаемость остается постоянной. Если, например, каждая женщина имеет, не считая сыновей, в среднем по две дочери, каждая из которых затем вырастает и имеет еще по две дочери, то численность населения будет удваиваться с каждым новым поколением. Темп роста будет зависеть как от средней рождаемости, так и от длительности запаздывания, обусловленной сменой поколений. Конечно, рождаемость вовсе не обязательно является посто-

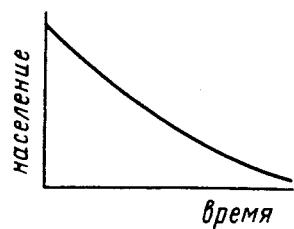
янной, и в главе III мы рассмотрим некоторые факторы, воздействие которых приводит к ее изменению.

Имеется еще один контур обратной связи, контролирующий рост численности населения. Он показан в правой части рассматриваемой диаграммы. Это контур *отрицательной обратной связи*. Если контуры положительной обратной связи генерируют ускоряющийся рост, то контуры отрицательной обратной связи стремятся ограничить его и удержать систему в некотором устойчивом состоянии. Их поведение во многом схоже с поведением терморегулятора, контролирующего температуру в помещении. Если температура падает, терморегулятор включает систему отопления, которая вновь поднимает температуру. Если температура достигает своего предельно допустимого значения, терморегулятор отключает систему отопления, и температура снова начинает падать. В контуре отрицательной обратной связи изменение одного элемента распространяется по контуру, вновь подходит к исходному элементу и изменяет его в направлении, противоположном первоначальному изменению. В основе контура отрицательной обратной связи, управляющего численностью населения, находится средняя смертность, которая является выражением общего состояния здоровья населения. Число умирающих в каждом году равняется суммарному населению, умноженному на среднюю смертность (которую можно представить себе как среднюю вероятность наступления смерти в любом возрасте). Увеличение численности населения при постоянной средней смертности приведет к большему числу умерших за год. Большее число умерших приведет к уменьшению численности населения и, таким образом, к уменьшению и числа умерших в следующем году. Если в одном каждый год умирает 5 % населения, то при численности населения в 10000 человек в год будет умирать 500 человек. Если на время предположить, что рождаемость отсутствует вообще, то на следующий год останется 9500 человек. Вероятность смерти продолжает оставаться равной 5 %, при снизившейся численности населения количество умерших составит лишь 475 человек, после чего останется 9025 человек. На следующий год умерших будет лишь 452 человека. В этом контуре обратной связи, как и в предыдущем, имеется запаздывание, так как смертность является функцией среднего возраста населения. Помимо этого, смертность, конечно же, совершенно не обязательно является постоянной, даже если брать одну возрастную группу.

Если бы население не умирало, его численность росла бы экспоненциально по контуру положительной обратной связи, определяемому рождаемостью, как показано ниже:



Если бы не было рождаемости, численность населения снизилась бы до нуля из-за действия контура отрицательной обратной связи, определяемого смертностью, что также показано ниже:



Но так как в действительности люди рождаются и умирают, а рождаемость и смертность являются переменными величинами, динамическое изменение численности населения, определяемое этими двумя взаимозависимыми контурами обратной связи, может стать довольно сложным.

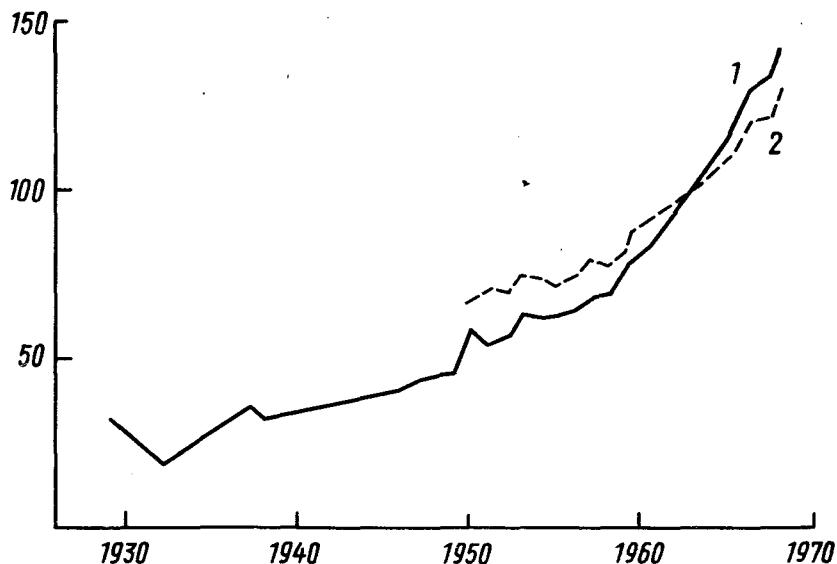
Что же служит причиной наблюдаемого в последнее время сверхэкспоненциального роста численности населения мира? До наступления промышленной революции как рождаемость, так и смертность были сравнительно высокими и нестабильными. Рождаемость лишь немного превосходила смертность и численность населения возрастила экспоненциально, но с очень низким и нестабильным темпом роста. В 1650 году средняя продолжительность жизни в большинстве регионов мира составляла лишь 30 лет. Но с той поры человечество сделало множество открытий, которые оказали очень сильное воздействие на систему, определяющую рост численности населения, в особенности на темпы смертности. Распространение современной медицины, услуг общественного здравоохранения, а также новых способов произ-

водства и распределения продуктов питания привело к снижению темпов смертности во всем мире. В настоящее время средняя ожидаемая продолжительность жизни составляет приблизительно 53 года [3] и продолжает увеличиваться. Усреднение данных по всему миру показало, что коэффициент усиления контура положительной обратной связи (рождаемость) снизился лишь немного, в то время как коэффициент усиления контура отрицательной обратной связи (смертность) продолжает уменьшаться. Результатом этого являются постоянно усиливающееся доминирование контура положительной обратной связи и резкий экспоненциальный рост численности населения, отраженный на рисунке 5.

А что можно сказать о численности населения в будущем? Каким образом мы могли бы продолжить кривую численности населения, представленную на рисунке 5, в двадцать первое столетие? Об этом мы детально расскажем в главах III и IV. Но уже здесь можно с уверенностью сказать, что вследствие наличия запаздываний в контролирующих системе контурах обратной связи, в особенности в положительном контуре, определяющем рождаемость, выравнивание кривой роста численности населения невозможно раньше 2000 года даже при самых оптимистических предположениях о снижении рождаемости. Большинство потенциальных родителей 2000 года уже родилось. И если не произойдет резкого увеличения смертности, которого, конечно, человечество будет стремиться не допустить всеми возможными способами, то через 30 лет численность населения земного шара может достигнуть приблизительно 7 млрд человек. А если мы и дальше будем также успешно снижать смертность и не слишком успешно снижать рождаемость, как это имело место в прошлом, то через 60 лет в мире будет уже по четырем человека на каждого живущего сегодня.

МИРОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ

Вторая величина, характеризующая мировую систему, которая растет даже быстрее, чем численность населения, — это выпуск промышленной продукции. На рисунке 6 показано увеличение объема мирового промышленного производства начиная с 1930 года по отношению к объему производства в 1963 году, выбранному в качестве базового года. Средний темп роста с 1963 по 1968 год составил 7 % в год, или 5 % в год при пересчете на душу населения.



**Рисунок 6
МИРОВОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

Мировое промышленное производство, взятое по отношению к базовому 1963 году, также указывает на наличие четко выраженного экспоненциального роста, несмотря на небольшие отклонения. Средний темп роста суммарного производства за 1963-1968 годы составляет 7 % в год. Темп роста производства на душу населения составляет 5 % в год.

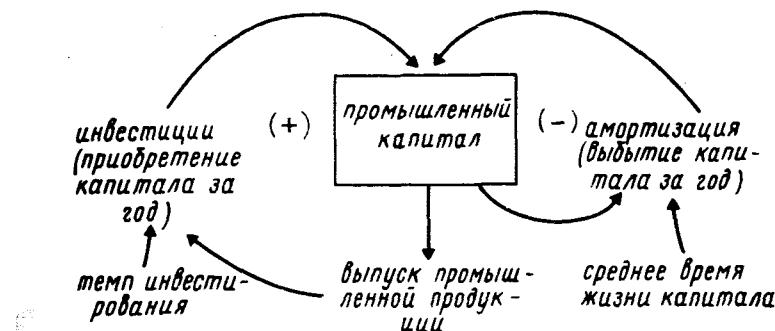
Источники: Департамент экономических и социальных дел ООН. Статистический справочник за 1956 год и Статистический справочник за 1969 год. (UN Department of Economic and Social Affairs. Statistical Yearbook 1956 and Statistical Yearbook 1969. New York: United Nations, 1957 and 1970.)

По вертикальной оси - индекс мирового промышленного производства (1963=100); 1 - суммарное производство; 2 - производство на душу населения.

Какой же контур положительной обратной связи определяет экспоненциальный рост выпуска промышленной продукции? Показанная на расположенной ниже диаграмме динамическая структура в действительности очень напоминает ту, которую мы уже рассматривали при обсуждении роста численности населения.

При заданном объеме промышленного капитала* (фаб-

* Примечание переводчика. Термином "капитал" в книге обозначается физический производственный капитал. Аналогичный термин в отечественной экономической литературе - "основные производственные фонды".



рики, автотранспорт, станки, инструменты и т.д.) возможен ежегодный выпуск лишь определенного количества произведенной продукции. Реальный выпуск продукции также зависит от рабочей силы, сырья и других факторов обеспечения производства. Пока будем предполагать, что эти другие факторы имеются в достаточном количестве и что единственным ограничивающим фактором производства является капитал. (Модель мира включает в себя также и другие факторы обеспечения производства.) Большая часть ежегодно выпускаемой продукции приходится на товары потребления (такие как ткани, автомобили, жилые дома), которые выбывают из системы промышленного производства. Но некоторая часть произведенной продукции сама представляет собой дополнительный капитал - ткацкие станки, сталепрокатные ставы, токарные станки обеспечивают инвестиции и, таким образом, увеличивают запасы капитала. Здесь мы имеем еще один контур положительной обратной связи. Большее количество капитала увеличивает количество выпускаемой продукции, часть которой идет на инвестирование, а большее инвестирование означает и больший объем капитала. Получившийся увеличенный объем капитала дает еще больший выпуск продукции и т.д. В этом контуре обратной связи также имеются запаздывания, так как для производства какой-нибудь крупной единицы промышленного капитала, такой, как, например, электростанция или нефтеперерабатывающий комбинат, может потребоваться несколько лет.

Запасы капитала не являются вечными. По мере того как капитал изнашивается или становится устаревшим, он выбывает из системы производства. Для моделирования этого процесса мы должны добавить в систему капитала контур отрицательной обратной связи, определяющий амортизацию капитала. Чем больше запасы капитала, тем большее его ко-

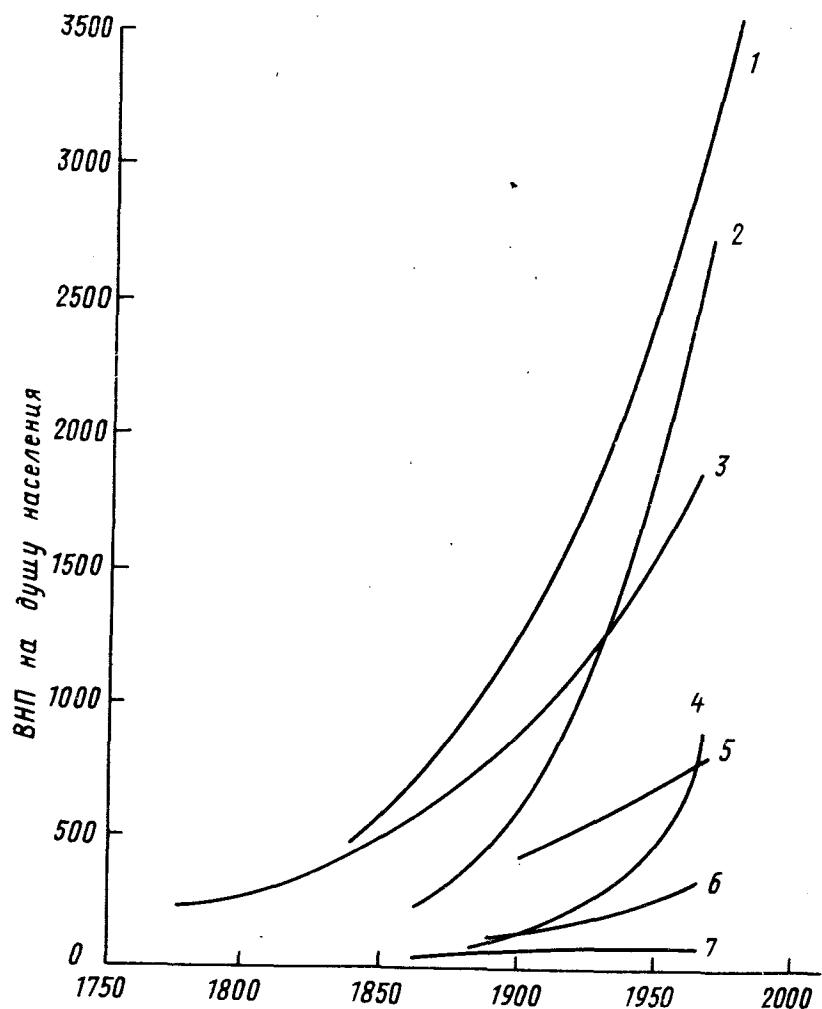


Рисунок 7

ТЕМПЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Характер экономического роста в отдельно взятых странах указывает на то, что различия в темпах экспоненциального роста в них являются причиной углубления экономического разрыва между богатыми и бедными странами.

Источник: Саймон Кузнец. Экономический рост наций (Simon Kuznets. Economic Growth of Nations. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1971.)

По оси ординат - валовый национальный продукт (ВНП) (в долларах США на душу в год); 1 - США; 2 - Швеция; 3 - Великобритания; 4 - Япония; 5 - Аргентина; 6 - Гана; 7 - Индия

личество в среднем изнашивается каждый год, тем меньшее количество капитала остается на будущий год. Этот контур отрицательной обратной связи аналогичен контуру смертности в системе, описывающей динамику численности населения. Так же, как и в системе, описывающей динамику населения, положительный контур является доминирующим в современном мире, и мировой запас промышленного капитала растет экспоненциально.

Так как выпуск промышленной продукции увеличивается на 7 % в год, а численность населения - только на 2 % в год, может создаться впечатление, что наличие доминирующих контуров положительной обратной связи должно радовать исследователя. Простая экстраполяция таких темпов роста обещает возрастание вдвое материального уровня жизни населяющих мир людей уже за следующие 14 лет. Однако такое заключение часто неявно предполагает, что растущий выпуск промышленной продукции будет распределяться между всеми населяющими Землю гражданами равномерно. Ошибочность этого предположения становится очевидной после рассмотрения темпов экономического роста в исчислении на душу населения в отдельно взятых странах (рисунок 7).

Наибольшая доля роста мирового промышленного производства, показанного на рисунке 6, в действительности приходится на развитые в промышленном отношении страны, где темпы роста населения сравнительно низки. Наиболее убедительно этот факт иллюстрирует простая таблица, в которой сравниваются темпы экономического роста с темпами роста численности населения для десяти стран с наибольшей численностью населения, в которых в настоящее время проживает 64 % населения земного шара. Таблица 2 служит очевидным подтверждением поговорки "Богатые становятся богаче, а бедные становятся многодетными".

Мало вероятно, что приведенные в таблице 2 значения темпов роста останутся неизменными, даже если заглядывать не дальше конца нашего столетия. В течение следующих 30 лет многие факторы изменятся. Так, например, прекращение гражданских волнений в Нигерии, вероятно, приведет к увеличению темпа экономического роста в этой стране, в то время как возникновение гражданских волнений, а затем и войны в Пакистане уже затормозило его экономический рост. Однако давайте признаем, что приведенные выше темпы роста являются следствиями функционирования сложной социально-экономической системы, которая по своей природе

Таблица 2. ТЕМПЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА И ТЕМПЫ РОСТА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

| Страна | Население (1966) в миллионах человек | Средний годовой темпер роста численности населения (1961-1968) (% в год) | ВНП на душу населения (1968) в долларах США | Средний годовой темпер роста ВНП на душу населения (1961-1968) (% в год) |
|----------------------------------|---|---|--|---|
| | | | | Средний годовой темпер роста численности населения (1961-1968) (% в год) |
| Китайская Народная Республика | 730 | 1.5 | 90 | 0.3 |
| Индия | 524 | 2.5 | 100 | 1.0 |
| СССР | 238 | 1.3 | 1,100 | 5.8 |
| Соединенные Штаты Америки | 201 | 1.4 | 3,980 | 3.4 |
| Пакистан | 123 | 2.6 | 100 | 3.1 |
| Индонезия | 113 | 2.4 | 100 | 0.8 |
| Япония | 101 | 1.0 | 1,190 | 9.9 |
| Бразилия | 88 | 3.0 | 250 | 1.6 |
| Нигерия | 63 | 2.4 | 70 | -0.3 |
| Федеративная Республика Германии | 60 | 1.0 | 1,970 | 3.4 |

* Международный банк реконструкции и развития (МБРР) сопровождает свои оценки для Китая и СССР следующим комментарием: "Оценки ВНП на душу населения и темпов его роста имеют большую погрешность, в основном из-за проблематичности выделения ВНП в терминах затрат по факторам производства из чистого материального продукта, а также из-за перевода оценки ВНП в доллары США". Оценки, полученные Организацией Объединенных Наций, в основном согласуются с теми, которые были получены МБРР.

ИСТОЧНИК: Атлас Всемирного банка (World Bank Atlas. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development, 1970)

стабильна и которая будет меняться скорее медленно, чем быстро, за исключением случаев сильных социальных потрясений.

Простые арифметические вычисления позволяют рассчитать экстраполированные значения валового национального продукта (ВНП) на душу населения начиная с настоящего момента времени и до 2000 года в предположении, что относительные темпы роста численности населения и ВНП будут оставаться приблизительно теми же в этих десяти странах. Результаты таких расчетов приведены в таблице 3. Указанные в ней значения почти наверняка не будут в точности реализованы в жизни. Это не прогноз. Эти значения лишь указывают основное направление, по которому наша система с той структурой, которую она имеет сейчас, поведет нас. Они демонстрируют тот факт, что процесс экономического роста в том виде, в каком он происходит сегодня, неумолимо углубляет абсолютный разрыв между богатыми и бедными странами мира.

Большинство людей интуитивно и вполне закономерно отвергают экстраполяционные расчеты, аналогичные представленным в таблице 3, так как результаты выглядят смехотворно. Однако следует признать, что, отвергая экстраполяционные расчеты, человек также отвергает и предположение о том, что в системе *не будет изменений*. Если приведенные в таблице 3 экстраполированные значения не будут иметь

Таблица 3. ЭКСТРАПОЛИРОВАННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ВНП НА 2000 ГОД

| Страна | ВНП на душу населения (в долларах США *) |
|--|---|
| Китайская Народная Республика | 100 |
| Индия | 140 |
| СССР | 6,330 |
| Соединенные Штаты Америки | 11,000 |
| Пакистан | 250 |
| Индонезия | 130 |
| Япония | 23,200 |
| Бразилия | 440 |
| Нигерия | 60 |
| Федеративная Республика Германии | 5,850 |

*)Основано на долларах 1986 года без учета инфляции

места в реальной действительности, то произойдет это потому, что изменился существующий баланс между положительным и отрицательным контурами обратной связи, определяющими темпы роста численности населения и капитала в каждой стране. Рождаемость, смертность, темп инвестирования капитала и темп его амортизации - каждая из этих величин или все они могут измениться. Если мы постулируем какой-либо другой результат, отличный от представленного в таблице 3, то необходимо указать, какой из этих факторов может измениться, насколько и когда. Это именно те вопросы, ответы на которые мы ищем при помощи нашей модели, причем не на национальном, а на агрегированном, глобальном, уровне.

Для того чтобы рассуждать хоть с какой-нибудь долей реализма о будущих темпах роста численности населения и запасов промышленного капитала, нам необходимо больше знать о других факторах, действующих в нашем мире и взаимодействующих с системой "население - капитал". Мы начнем с формулировки самых основных вопросов.

Могут ли темпы роста численности населения и запасов капитала, указанные в таблице 3, быть физически реализованы в нашем мире? Какое количество людей в состоянии обеспечить всем необходимым наша планета, на каком уровне благосостояния и на какой срок? Чтобы ответить на эти вопросы, мы должны детально рассмотреть те системы нашего мира, которые обеспечивают физическую поддержку роста численности населения и запасов капитала.

ГЛАВА II

ПРЕДЕЛЫ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РОСТА

Ибо кто из вас, желая построить башню, не сядет прежде и не вычислит издержек, имеет ли он, что нужно для совершения ее?

Евангелие от Луки, 14:28

Что потребуется для поддержания мирового экономического роста и роста численности населения до, а может быть, и после 2000 года? Список необходимых компонент длинный, но все они могут быть разделены на две основные группы.

В первую группу входят необходимые компоненты физического характера, которые обеспечивают поддержку физических процессов и производственной деятельности: продукты питания, сырье, ископаемое и ядерное топливо, а также экологические системы планеты, которые поглощают отходы и осуществляют круговорот основных химических веществ. Эти компоненты в принципе являются реально ощущаемыми, измеряемыми. К ним относятся, например, пахотные земли, пресная вода, металлы, леса, океаны. В этой главе дадим оценку мировым запасам этих физических ресурсов, так как именно они в конечном счете определяют пределы роста на Земле.

Вторую группу необходимых для обеспечения роста компонент составляют социальные факторы. Даже если физические системы Земли способны обеспечить существование значительно большего населения и на значительно более высоком экономическом уровне, реальный рост экономики и численности населения будет зависеть от таких факторов, как социальная стабильность, образование и трудоустройство, а также устойчивый технический прогресс. Оценивать и прогнозировать эти факторы намного труднее. Ни эта глава, ни наша модель мира на данном этапе ее разработки предназначены для непосредственного анализа таких социальных факторов, разве только в той степени, в какой находящаяся в нашем распоряжении информация о количестве

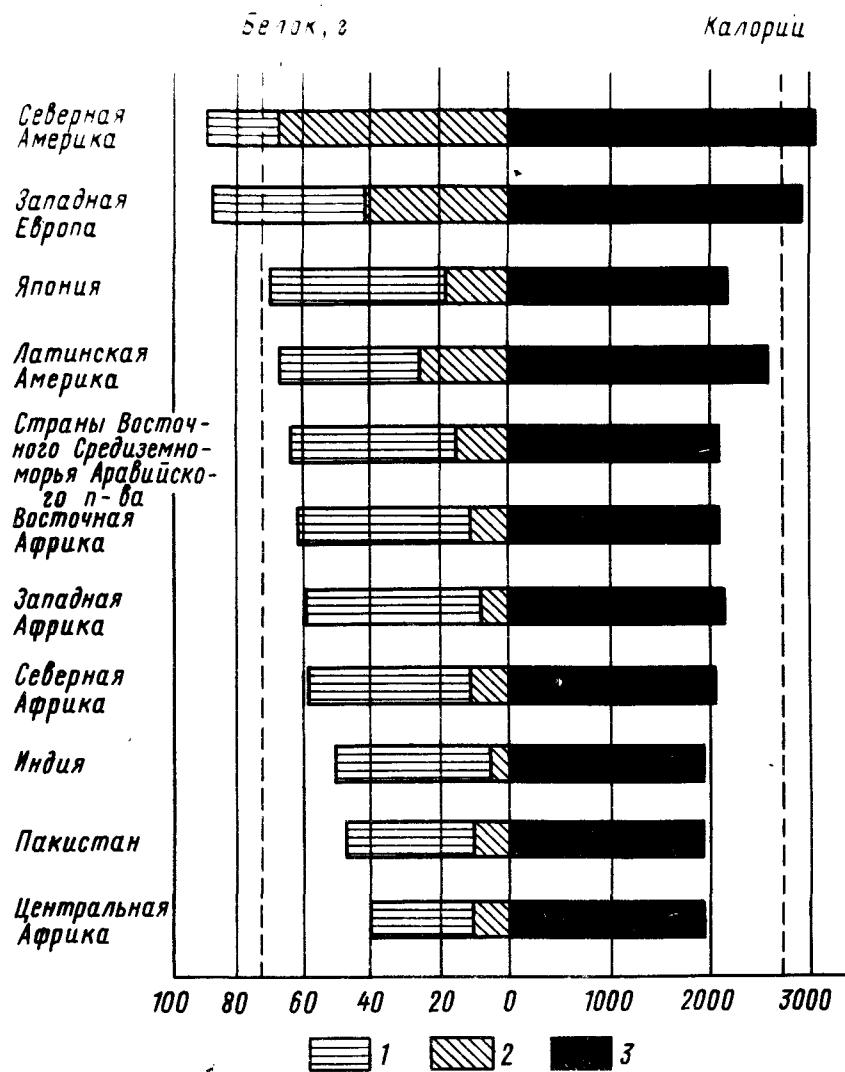


Рисунок 8

ПИЩЕВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ БЕЛКОВ И КАЛОРИЙ

В большинстве регионов мира ежедневные потребности в белках и калориях обеспечиваются. Имеет место неравенство в распределении не только между регионами, как это показано здесь, но и внутри регионов. По данным Организации продовольствия и сельского хозяйства ООН (FAO) в регионы с максимальной нехваткой продуктов питания входят "страны Андского архипелага, полузасушливые полосы Африки, Восточного Средиземноморья и Аравийского полуострова, а также некоторые густонаселенные страны Азии". Линии,

и распределении физических ресурсов может послужить индикатором возможных будущих социальных проблем.

Продукты питания, ресурсы и здоровое состояние окружающей среды являются необходимыми, но не достаточными условиями роста. Даже если они имеются в избытке, рост может быть блокирован социальными проблемами. Однако предположим на минуту, что будут доминировать наиболее благоприятные социальные условия. Какой рост физическая система может поддерживать в этом случае? Ответ, который мы получим, дает нам некоторые оценки верхних пределов роста численности населения и запасов капитала, но без гарантии, что рост действительно выйдет на эти пределы.

ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ

В Замбии, в Африке, из каждой тысячи рождающихся детей 260 умирают, не дожив до своего первого дня рождения. В Индии и Пакистане это соотношение составляет 140 детей на каждую тысячу, в Колумбии - 82. Еще больше детей умирают до достижения ими школьного возраста. Другие умирают в возрасте посещения начальной школы.

Когда в бедных странах выдаются свидетельства о смерти детей дошкольного возраста, в качестве причины смерти обычно указываются корь, пневмония, дизентерия или какое-либо другое заболевание. В действительности же эти дети являются жертвами плохого питания [4].

Никто не может точно сказать, какая часть населения мира сегодня не получает необходимого питания, но существующие

оценивающие требующиеся объемы потребления калорий и белков, построены оценкам, полученным для населения Северной Америки. Было сделано предположение о том, что если бы питание в других регионах было достаточно для обеспечения людям возможности достижения нормального потенциального веса тела, то потребности были бы повсюду одинаковыми.

Источник: Организация продовольствия и сельского хозяйства ООН (FAO). Временный индикативный план мирового сельскохозяйственного развития. (UN Food and Agriculture Organization. Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development. Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970).

Слева - требуемое потребление белка в граммах на душу населения в день; справа - требуемое потребление калорий, ккал на душу населения в день; 1 - обеспечение белками неживотного происхождения; 2 - обеспечение животными белками; 3 - обеспечение калориями

вует общее мнение, что число таких людей велико: вероятно, от 50 до 60 % всего населения наименее развитых в промышленном отношении стран [5], т.е. одна треть всего населения мира. Оценки, полученные Организацией продовольствия и сельского хозяйства ООН, показывают, что в большинстве развивающихся стран не обеспечиваются основные потребности в калорийности и в особенности в белковом содержании питания (рисунок 8). Более того, несмотря на то что суммарное мировое производство сельскохозяйственной продукции увеличивается, производство продуктов питания *на душу населения* в неразвитых в промышленном отношении странах сдваивается на своем сегодняшнем недостаточном уровне (рисунок 9). Означает ли эта довольно мрачная статистика, что пределы производства продуктов питания на Земле уже достигнуты?

Первичным ресурсом, необходимым для производства продуктов питания, является земля. Недавно проведенные исследования показывают, что на земном шаре имеется, самое большое, около 3,2 млрд гектаров земель (7,86 млрд акров), потенциально пригодных для ведения сельского хозяйства [6]. На сегодняшний день примерно половина этих земель, причем самая богатая и самая доступная половина, уже возделывается. Для того чтобы подготовить оставшиеся земли к производству продуктов питания, потребуются колоссальные капитальные затраты на обеспечение доступа к этим землям, их расчистку, ирригацию и удобрение. В последнее время стоимость разработки новых земель колеблется в диапазоне от 215 до 5,275 долларов за гектар. Средняя стоимость разработки новых земель в незаселенных районах составляет 1,150 долларов за гектар [7]. По данным докладов FAO, сельскохозяйственная разработка новых земель экономически нецелесообразна, несмотря на существующую в настоящее время в мире насущную потребность в продуктах питания.

На Юге Азии... в некоторых странах Восточной Азии, в странах Восточного Средиземноморья и Аравийского полуострова, в странах Северной Африки, а также в определенных частях Латинской Америки и Африки для увеличения площадей пахотных земель нет почти никакой возможности... А в более засушливых районах придется даже вернуть под постоянные луга граничные и приграничные пахотные земли. На большей части территории Латинской Америки и в Африке к югу от Сахары еще имеются значительные возможности по расширению площадей пахотных земель, но стоимость их возделывания столь высока, что часто более экономически выгодной оказывается интенсификация использования уже задействованных земель [8].

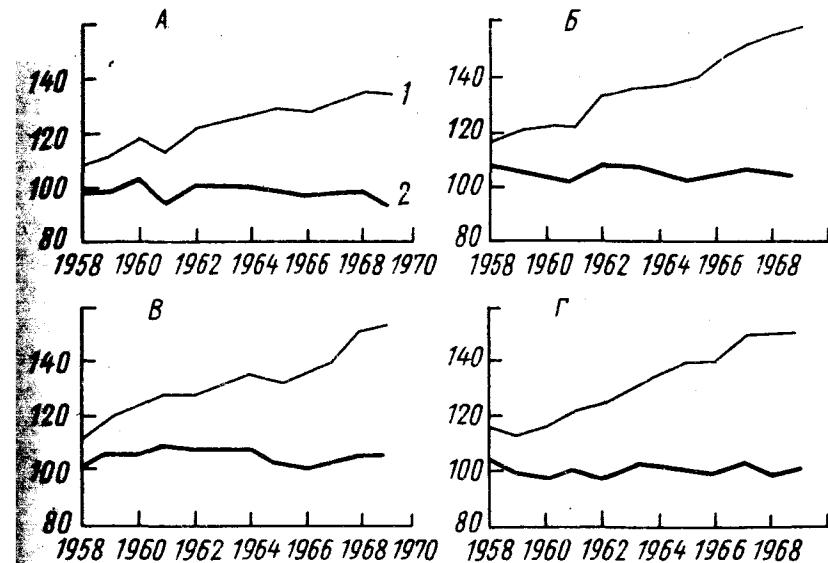


Рисунок 9

ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Суммарное производство продуктов питания в неразвитых в промышленном отношении регионах мира увеличивалось приблизительно с тем же темпом, что и численность населения. Таким образом, производство продуктов питания *на душу населения* оставалось почти без изменения на низком уровне.

Источник: Организация продовольствия и сельского хозяйства ООН (FAO). Состояние продовольственного снабжения и сельского хозяйства на 1970 год. (UN Food and Agriculture Organization. The State of Food and Agriculture 1970. Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970.)

По вертикальной оси - средний региональный индекс производства продуктов питания (1952-1956=100); А - Африка; Б - Страны Восточного Средиземноморья и Аравийского полуострова; В - Юго-Восточная Азия; Г - Латинская Америка; 1 - суммарное производство продуктов питания; 2 - производство продуктов питания на душу населения

Если бы население Земли решило пойти на высокие капитальные затраты, связанные с возделыванием всех потенциально обрабатываемых земель, и производить максимально возможное количество продуктов питания, то какое количество людей можно было бы теоретически прокормить? Нижняя кривая рисунка 10 показывает величину земельных площадей, необходимых для обеспечения растущего населения мира продуктами питания в предположении, что существующее на настоящий момент среднее мировое значение

0,4 гектара земли на одного человека считается достаточным. (Для того чтобы прокормить все население мира по существующим в настоящее время стандартам США, потребовалось бы 0,9 гектара земли на одного человека.) Верхняя кривая на рисунке 10 показывает изменение во времени реальных суммарных запасов пахотных и потенциально пахотных земель. Эта кривая опускается вниз из-за того, что для каждого дополнительного человека требуется определенный участок земли (здесь эта величина предполагается равной 0,08 гектара на человека*) для обеспечения жилья, дорог, размещения отходов его жизнедеятельности, прокладки силовых линий и предоставления других услуг, обеспечение которых в полном смысле слова "асфальтирует" пахотные и потенциально пахотные земли и делает их непригодными для производства продуктов питания. Здесь не учитываются потери земельных площадей вследствие эрозии почв, хотя такие потери ни в коей мере не могут считаться незначительными. Из рисунка 10 видно, что даже при наиболее оптимистическом предположении об использовании всех пахотных и потенциально пахотных земель, еще до наступления 2000 года будет иметь место критическая нехватка земельных площадей, если требуемое количество земли на душу населения и темпы роста численности населения останутся такими, какими они являются на сегодняшний день.

Рисунок 10 иллюстрирует также некоторые очень существенные общие свойства экспоненциального роста, происходящего в ограниченном пространстве. Во-первых, он показывает, каким образом можно за считанные годы переместиться из состояния великого изобилия в состояние великого дефицита. На протяжении всей истории человечества имел место колоссальный избыток потенциально пахотных земель, а сейчас, всего через какие-нибудь 30 лет (или за один период времени удвоения численности населения), может наступить резкая и критическая нехватка земельных площадей. Как тот владелец застраивающего лилиями пруда из нашего примера, приведенного в главе I, человечество может иметь в своем распоряжении слишком мало времени для ответной реакции

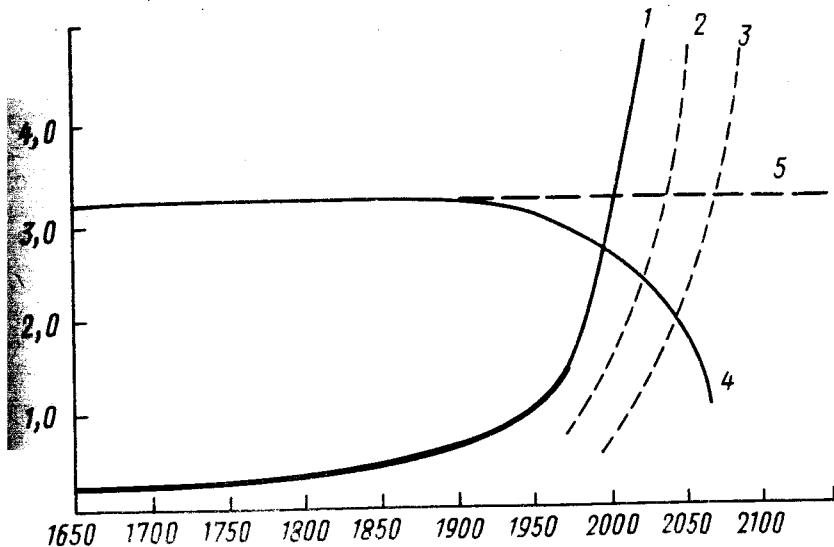


Рисунок 10

ПАХОТНЫЕ ЗЕМЛИ

Суммарные мировые запасы пахотных и потенциально пахотных земель составляют около 3,2 млрд гектаров. При существующей продуктивности земель на одного человека требуется около 0,4 гектара пахотных земель. Таким образом, кривая потребностей в земельных площадях является отражением кривой роста численности населения. Линией 1 после 1970 года показаны спрогнозированные потребности в земельных площадях, исходя из того, что население мира будет расти с существующим в настоящее время темпом. Величина имеющихся в наличии пахотных и потенциально пахотных земель уменьшается из-за того, что по мере роста численности населения они изымаются под городское и промышленное строительство. Линиями 2, 3 показаны потребности в земельных площадях для случаев, когда продуктивность земель увеличена в два и в четыре раза по сравнению с ныне существующей.

По вертикальной оси - количество пахотных земель, млрд гектар; 1 - требуемые сельскохозяйственные земли, при существующем уровне их продуктивности; 2 - при удвоенной продуктивности по сравнению с существующей; 3 - при увеличенной в четыре раза продуктивности по сравнению с существующей; 4 - пахотные и потенциально пахотные земли, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве; 5 - суммарные мировые запасы пахотных и потенциально пахотных земель.

* Аэросъемка 44 округов в восточной части Соединенных Штатов Америки, произведенная в период с 1950 по 1960 год, показывает, что величина застроенных площадей колеблется в диапазоне от 0,008 до 0,174 гектара на человека [9].

на возникший кризис, являющийся следствием экспоненциального роста в конечном пространстве.

Второй урок, который преподносит рисунок 10, заключается в том, что при рассмотрении экспоненциального роста с его неумолимым нарастанием точные численные значения предполагаемых потенциальных предельных возможностей Земли не являются существенными. Например, мы могли предположить, что потенциально пахотные земли не используются для строительства городов, дорог или для других несельскохозяйственных целей. В этом случае имеющиеся пахотные и потенциально пахотные земли в сумме являются постоянной величиной, которая показана на рисунке горизонтальной пунктирной линией. Точка пересечения двух кривых смещается в сторону более позднего времени приблизительно на 10 лет. Мы можем также предположить, что станет вполне реальным увеличение продуктивности земель в два, или даже в четыре раза за счет развития сельскохозяйственных технологий и инвестиций в производство сельскохозяйственного капитала - тракторов, удобрений и ирригационных систем. Влияние на поведение системы этих двух различных предположений об увеличении продуктивности земель показано на рисунке 10 пунктирными линиями. Каждое удвоение продуктивности дает нам дополнительно около 30 лет, или менее одного периода времени удвоения численности населения.

Конечно, приближение к "кризисной точке", в которой потребности в земельных площадях превысят имеющиеся в наличии площасти, не будет полностью неожиданным для общества. Симптомы кризиса начнут появляться задолго до приближения к кризисной точке. Цены на продукты питания станут такими высокими, что часть людей погибнет от голода, остальные будут вынуждены сократить активно используемые в сельском хозяйстве земельные площасти и перейти на диеты более низкого качества. Эти симптомы уже проявляются во многих регионах мира. Хотя в настоящее время реально обрабатывается лишь половина показанных на рисунке 10 земельных площадей, можно считать, что, вероятно, от 10 до 20 млн человек ежегодно умирают из-за прямого или косвенного воздействия плохого питания [10].

Не вызывает сомнения тот факт, что большая часть этих смертей является скорее следствием имеющихся в нашем мире социальных ограничений, нежели физических. Тем не менее в системе производства продуктов питания

между этими двумя типами ограничений имеется определенная связь. Если бы хорошие плодородные земли оставались легко доступными и возделывались, то не было бы никакого экономического барьера, не позволяющего накормить голодающих, и не нужно было бы стоять перед проблемой сложного социального выбора. Однако лучшая половина потенциально пахотных земель мира уже возделывается, и разработка новых земель стоит настолько дорого, что общество считает ее "экономически невыгодной". Это социальная проблема, порожденная физическим ограничением.

Даже если бы общество согласилось заплатить необходимую цену и смогло получить в свое распоряжение новые земли или увеличить продуктивность уже возделываемых земель, из рисунка 10 видно, насколько быстро рост населения станет причиной появления еще одной "кризисной точки". Преодоление каждой последующей кризисной точки будет все более дорогостоящим, каждое новое удвоение продуктивности земель будет обходиться дороже предыдущего. Этот феномен можно назвать "законом возрастающих затрат". Наилучшим и наиболее отрезвляющим примером действия этого закона является оценка затрат на увеличение выпуска сельскохозяйственной продукции в прошлом. Для достижения 34%-го увеличения мирового производства продуктов питания с 1951 по 1966 год занятое в сельском хозяйстве население увеличило свои расходы на приобретение тракторов на 63%, ежегодные инвестиции в производство нитратных удобрений на 146%, а ежегодное использование пестицидов на 300% [11]. Последующее 34%-е увеличение сельскохозяйственного производства потребует еще больших ресурсных и капитальных затрат.

Сколько людей может прокормить наша планета? Конечно, на этот вопрос нет простого ответа. Он будет зависеть от того, каким образом общество осуществит выбор из имеющихся перед ним альтернатив. Есть прямая взаимозависимость между производством большего количества продуктов питания и других товаров и услуг, необходимых или желательных для человечества. Спрос на эти другие товары и услуги также растет с ростом численности населения, и, таким образом, взаимозависимость становится все более ощутимой, а выбор все более трудноосуществимым. Даже если бы выбор был сделан в пользу приоритетного производства продуктов питания, все равно продолжающийся рост численности населения и закон возрастающих затрат смогли бы быстро

привести систему к такой точке, в которой на производство продуктов питания расходовались бы все имеющиеся ресурсы и не оставалось бы никакой возможности для дальнейшего роста.

В данном разделе мы обсудили лишь один из возможных факторов, ограничивающих производство продуктов питания, - количество пахотных земель. Существуют и другие ограничивающие факторы, но за неимением места мы не будем детально обсуждать их здесь. Одним из наиболее очевидных, вторым по значимости после земельных ресурсов, является наличие пресной воды. Существуют верхний предел количества пресной воды, ежегодно вытекающей из земельных источников нашей планеты, а также экспоненциально растущий спрос на эту воду. Мы могли бы начертить график, который будет в точности аналогичен тому, который показан на рисунке 10, и показать на нем сближение возрастающей кривой спроса на воду с прямой постоянных средних запасов пресной воды. В некоторых районах мира этот предел будет достигнут задолго до того, как станет ощущаться выход к пределу по земельным площадям.

Возможна также ситуация, когда удастся избежать выхода на эти пределы или расширить их за счет технологических прорывов, которые снимают зависимость от земельных площадей (синтетические продукты питания) или создают новые источники пресной воды (опреснение морской воды). В главе IV мы будем обсуждать эти нововведения более детально. Здесь достаточно лишь признать, что никакая новая технология не возникает спонтанно и не обходится без затрат. Заводы и сырье для производства синтетических продуктов питания, как и оборудование и энергия для очищения морской воды, - все это берется из физической системы мира.

Экспоненциальный рост спроса на продукты питания является прямым следствием действия контура положительной обратной связи, который в настоящее время определяет рост численности людского населения. Ожидаемые в будущем объемы производства продуктов питания зависят от наличия земельных площадей и пресной воды, а также от запасов сельскохозяйственного капитала, которые в свою очередь зависят от другого доминирующего контура положительной обратной связи в системе - контура инвестиций в промышленность. Разработка новых земель, производство морских продуктов питания или увеличение использования удоб-

рений и пестицидов потребуют увеличения объемов капитала, предназначенного для производства продуктов питания. Ресурсы, необходимые для обеспечения роста такого капитала, в основном не являются возобновимыми, как земля и вода. Они относятся к невозобновимым ресурсам, таким как топливо или металлы. Таким образом, расширение в будущем производства продуктов питания будет сильно зависеть от наличия невозобновимых ресурсов. Имеются ли пределы добычи таких ресурсов на Земле?

НЕВОЗОБНОВИМЫЕ РЕСУРСЫ

Даже при наличии таких экономических факторов, как увеличение стоимости ресурсов по мере уменьшения их запасов, уже сейчас, по-видимому, складывается ситуация, когда запасы платины, золота, цинка и свинца недостаточны для удовлетворения спроса на них. При существующем темпе расширения производства... к концу столетия может иметь место нехватка серебра, олова и урана. К 2050 году источники еще нескольких минералов будут истощены, если сохранятся существующие темпы их потребления.

Несмотря на последние впечатляющие геологические открытия, для большинства минералов осталось лишь ограниченное количество регионов, в которых могут быть обнаружены их месторождения. Между геологами нет единодушия относительно перспектив открытия больших новых богатых залежей руд. В долгосрочном аспекте было бы неразумно полагаться на такие открытия [12].

В таблице 4 перечислены некоторые из наиболее значимых минералов и топливных ресурсов - важнейшего сырья для большинства современных промышленных производств. Для каждого вида ресурса в столбце 3 указан статический индекс запасов, или число лет, в течение которых имеющиеся и разведанные к настоящему времени запасы (указанны в столбце 2) будут оставаться ненулевыми при текущей скорости их расходования. Этот статический индекс является мерой, которая обычно используется для оценки сохранности ресурса в будущем. В основе расчета статического индекса лежат несколько предположений, одно из которых заключается в том, что скорость расходования ресурса будет оставаться постоянной. Но значения из колонки 4 таблицы 4 показывают, что суммарная мировая скорость расходования каж-

Таблица 4.НЕВОЗОБНОВИМЫЕ ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------|--|---|--|---|--|
| Ресурс | Разведанные глобальные запасы ^a | Статистический индекс ^b (годы) | Спрогнозированный темп роста ^b (% в год) ^b | Экспоненциальный индекс ^c (годы) | Пятикратный эксп. индекс ^d (годы) |
| Выс. Сред. Низ. | | | | | |
| Алюминий | 1.17×10^9 тонн ^K | 100 | 7.7 | 6.4 | 5.1 |
| 31 | | | | | |
| 55 | | | | | |
| Хром | | | | | |
| Хром | 7.75×10^8 тонн | 420 | 3.3 | 2.6 | 2.0 |
| 95 | | | | | |
| 154 | | | | | |
| Уголь | | | | | |
| Уголь | 5×10^{12} тонн | 2300 | 5.3 | 4.1 | 3.0 |
| 111 | | | | | |
| 150 | | | | | |
| Кобальт | | | | | |
| Кобальт | 4.8×10^9 фунтов | 110 | 2.0 | 1.5 | 1.0 |
| 60 | | | | | |
| 148 | | | | | |
| Медь | | | | | |
| Медь | 308×10^6 тонн | 36 | 5.8 | 4.6 | 3.4 |
| 21 | | | | | |
| 48 | | | | | |
| Золото | | | | | |
| Золото | 353×10^6 тройц.унций | 11 | 4.8 | 4.1 | 3.4 |
| 9 | | | | | |
| 29 | | | | | |
| Железо | | | | | |
| Железо | 1×10^{11} тонн | 240 | 2.3 | 1.8 | 1.3 |
| 93 | | | | | |
| 173 | | | | | |
| Свинец | | | | | |
| Свинец | 91×10^6 тонн | 26 | 2.4 | 2.0 | 1.7 |
| 21 | | | | | |
| 64 | | | | | |
| Марганец | | | | | |
| Марганец | 8×10^8 тонн | 97 | 3.5 | 2.9 | 2.4 |
| 46 | | | | | |
| 94 | | | | | |
| Ртуть | | | | | |
| Ртуть | 3.34×10^6 фунг | 13 | 3.1 | 2.6 | 2.2 |
| 13 | | | | | |
| 41 | | | | | |

| 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|--|---|--|
| Страны или области, обладающие наибольшими запасами (% от суммарных мировых запасов) | Основные производители (% от суммарного мирового производства) | Основные потребители (% от суммарного мирового потребления) | Потребление в США (в %) от суммарного мирового потребления |
| Австралия (33) Тринидад (20) Ямайка (10) | Ямайка (19) Суринам (12) | США (42) СССР (12) | 42 |
| ЮАР (75) | СССР (30) Турция (10) | | 19 |
| США (32) СССР - Китай (53) | СССР (20) США (24) | | 22 |
| Республика Конго (31) Замбия | Республика Конго (51) | | 32 |
| США (28) Чили (19) | США (20) СССР (15) Замбия (13) | США (33) СССР (13) Япония (11) | 33 |
| ЮАР (40) | ЮАР (77) Канада | | 26 |
| СССР (33) Южная Америка (18) Канада (14) | СССР (25) США (14) | США (28) СССР (24) Западная Германия (7) | 28 |
| США (39) | СССР (13) Австралия (13) Канада (11) | США (25) СССР (13) Западная Германия (11) | 25 |
| ЮАР (38) СССР (25) | СССР (13) Бразилия (13) ЮАР (13) | | 14 |
| Испания (30) Италия (21) | Испания (22) Италия (21) СССР (18) | | 24 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------|--|---|---|---|--|
| Ресурс | Разведанные глобальные запасы ^a | Статистический индекс ^b (годы) | Спрогнозированный темп роста (% в год) ^b | Экспоненциальный индекс ^c (годы) | Пятикратный эксп. индекс ^d (годы) |
| | | Выс. | Сред. | Низ. | |
| Молибден | 10.8×10^9 фунтов | 79 | 5.0 | 4.5 | 4.0 |
| | | 34 | | 34 | 65 |
| Природный газ | 1.14×10^{15} куб.футов | 38 | 5.5 | 4.7 | 3.9 |
| | | 22 | | 22 | 49 |
| Никель | 147×10^9 фунтов | 150 | 4.0 | 3.4 | 2.8 |
| | | 53 | | 53 | 96 |
| Нефть | 455×10^9 баррелей | 31 | 4.9 | 3.9 | 2.9 |
| | | 20 | | 20 | 50 |
| Металлы платиновой группы | 429×10^6 тр.унций | 130 | 4.5 | 3.8 | 3.1 |
| | | 47 | | 47 | 85 |
| Серебро | 5.5×10^9 тр.унций | 16 | 4.0 | 2.7 | 1.5 |
| | | 13 | | 13 | 42 |
| Олово | 4.3×10^6 дл.тонн | 17 | 2.3 | 1.1 | 0 |
| | | 15 | | 15 | 61 |
| Вольфрам | 2.9×10^9 фунтов | 40 | 2.9 | 2.5 | 2.1 |
| | | 28 | | 28 | 72 |
| Цинк | 123×10^6 тонн | 23 | 3.3 | 2.9 | 2.5 |
| | | 18 | | 18 | 50 |

| 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|--|---|--|
| Страны или области, обладающие наибольшими запасами (% от суммарных мировых запасов) | Основные производители (% от суммарного мирового производства) | Основные потребители (% от суммарного мирового потребления) | Потребление США (в %) от суммарного мирового потребления |
| США (58) СССР (20) | США (64) Канада(14) | | 40 |
| США (25) СССР (13) | США (58) СССР (18) | | 63 |
| Куба (25) Новая Каледония (22) СССР (14) Канада (14) | Канада (42) Новая Каледония (28) СССР (16) | | 38 |
| Саудовская Аравия (17) Кувейт (15) | США (23) СССР (16) | США (33) СССР (12) Япония (6) | 33 |
| ЮАР (47) СССР (47) | | СССР (59) | 31 |
| Страны коммунистического блока (36) США (24) | Канада (20) Мексика (17) Перу (16) | США (26) Западная Германия (11) | 26 |
| Таиланд (33) Малайзия (14) | Малайзия (41) Боливия (16) Таиланд (13) | США (24) Япония (14) | 24 |
| Китай (73) | Китай (25) СССР (19) США (14) | | 22 |
| США (27) Канада (20) | Канада (23) СССР (11) США (8) | США (26) Япония (13) СССР (11) | 26 |

(а) Источник: Бюро США по горному делу. Факты и проблемы добычи минеральных ресурсов, 1970 год. (US Bureau of Mines. Mineral Facts and Problems 1970. Washington, DC: Government Printing Office, 1970).

(б) Количество лет, в течение которых разведанные глобальные ресурсы будут оставаться неподъемными при сохранении текущего глобального потребления. Рассчитывается путем деления величины разведенных ресурсов (столбца 2) на текущее годовое потребление (Бюро США по горному делу. Факты и проблемы добычи минеральных ресурсов, 1970 год).

(в) Источник: Бюро США по горному делу. Факты и проблемы добычи минеральных ресурсов, 1970 год. (US Bureau of Mines. Mineral Facts and Problems, 1970).

(г) Количество лет, в течение которых разведенные глобальные ресурсы будут оставаться неподъемными при условии экспоненциального роста их потребления со средним значением темпа годового роста. Рассчитывается по формуле:

$$\text{экспоненциальный индекс} = \frac{\ln((r * s) + 1)}{r}$$

где r - среднее значение темпа роста, взятое из столбца 4, s - статический индекс, взятый из столбца 3.

(д) Количество лет, в течение которых пятикратно увеличенные глобальные запасы ресурсов по сравнению с разведенными на настоящий момент будут оставаться неподъемными при экспоненциально растущем потреблении со средним значением темпа годового роста. Рассчитывается по приведенной выше формуле с заменой s на $5s$.

(е) Источник: Бюро США по горному делу. Факты и проблемы добычи минеральных ресурсов, 1970 год. (US Bureau of Mines. Mineral Facts and Problems 1970).

(ж) Источник: Центральный экономический и социальный департамент ООН. Статистический справочник, 1969 г. (UN Department of Economic and Social Affairs. Statistical Yearbook 1969. New York: United Nations, 1970).

(з) Источники: Справочник Американского бюро статистики по добыче металлов, 1970 год. (Yearbook of the American Bureau of Metal Statistics 1970. York, Pa: Maple Press, 1970).

Доклад по мировой добыче нефти (World Petroleum Report. New York: Mona Palmer Publishing, 1968).

Экономическая комиссия ООН по Европе. Мировой рынок железных руд (UN Economic Commission for Europe. The World Market of Iron Ore. New York: United Nations, 1968).

Бюро США по горному делу. Факты и проблемы добычи минеральных ресурсов, 1970 год. (US Bureau of Mines. Mineral Facts and Problems 1970).

(и) Источник: Бюро США по горному делу. Факты и проблемы добычи минеральных ресурсов, 1970 год. (US Bureau of Mines. Mineral Facts and Problems 1970).

(к) Запасы бокситов выражены в алюминиевом эквиваленте.

(л) Вероятностные прогнозы Бюро США по горному делу, основанные на предположении о том, что для получения синтетического газа и жидкого топлива будет использоваться уголь.

(м) Включает в себя рассчитанные Бюро США по горному делу оценки потребности в золоте для пополнения золотых запасов.

(н) В платиновую группу металлов входят платина, палладий, иридий, родий и рутений.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ: Флон Р.Т. Минеральные ресурсы. (Flawn R.T. Mineral Resources. Skokie, Ill.: Rand McNally, 1966).

Статистика по металлам (Metal Statistics. Somerset, NJ: American Metal Market Company, 1970).

Бюро США по горному делу. Сводка товарной статистики (US Bureau of Mines. Commodity Data Summary. Washington, DC: Government Printing Office, January 1971).

дного природного ресурса растет экспоненциально. Для многих ресурсов скорость их расходования растет даже быстрее численности населения. Это показывает на то, что с каждым годом все большее число людей потребляет ресурсы, и на то, что одновременно с каждым годом увеличивается также средняя величина потребления на одного человека. Иными словами, кривая экспоненциального роста потребления ресурсов определяется двумя контурами положительной обратной связи - контуром роста численности населения и контуром роста запасов капитала.

Мы уже видели из рисунка 10, что экспоненциальный рост использования земельных площадей может очень быстро достичь фиксированных пределов суммарных запасов площадей. Таким же образом и экспоненциальное увеличение потребления ресурсов может быстро истощить их фиксированные запасы. Рисунок 11, аналогичный рисунку 10, является иллюстрацией динамики экспоненциального увеличивающегося потребления невозобновимого ресурса с заданным начальным запасом. Здесь в качестве примера рассматривается хромсодержащая руда, которая была выбрана потому, что имеет одно из самых больших значений статического индекса запасов среди всех перечисленных в таблице 4 ресурсов. Аналогичный график можно начертить для каждого из перечисленных в таблице ресурсов.

Масштабы времени будут разными для разных ресурсов, но основная форма кривых будет одинаковой.

Разведанные мировые запасы хрома составляют приблизительно 775 млн метрических тонн, из которых в настоящее время ежегодно добывается около 1,85 млн. Таким образом, при сохранении существующей скорости использования этого ресурса разведанных запасов хватит приблизительно на 420 лет. Линия 2 на рисунке 11 показывает линейное истощение запасов хрома, которое можно ожидать при неизменной скорости его использования. Однако темп реального мирового потребления хрома составляет 2,6% в год [13]. Сплошные кривые на рисунке 11 показывают, каким образом такой темп роста при условии его сохранения приведет к истощению запасов ресурса не за 420 лет, как в случае линейной типотезы, а всего за 95 лет. Если мы предположим, что открытие пока еще не разведанных запасов могло бы увеличить существующие разведанные запасы в пять раз, как показано линией 4, то такое пятикратное увеличение продлило бы время существования запасов этого ресурса лишь с 95 до 154 лет. Даже если бы появилась возможность начиная с 1970 года и далее перерабатывать вторично все 100% хрома (горизонтальная линия) таким образом, что никакая часть исходных запасов не будет утрачена, все равно через 235 лет спрос превысит имеющиеся в наличии запасы.

На рисунке 11 показано, что в условиях экспоненциального роста потребления ресурса статический индекс запасов (420 лет для хрома) является неадекватной мерой для оценки имеющихся в наличии запасов. Мы могли бы вычислить новый индекс - "экспоненциальный индекс запасов", который определяется для любого ресурса как его вероятная продолжительность жизни, если в будущем сохранится ныне существующий текущий темп роста его потребления. Значения этого индекса приведены в столбце 5 таблицы 4.

Мы сделали также расчеты значений экспоненциального индекса для случая, когда предполагается, что существующие разведанные запасы каждого ресурса могут быть увеличены в пять раз за счет открытия новых месторождений. Эти значения индекса приведены в столбце 6. Экспоненциальный рост приводит к уменьшению ожидаемого периода существования ненулевых запасов, например, для алюминия со 100 лет до 31 года (55 лет в случае пятикратного увеличения начальных запасов). Что касается меди с ее 36-летним периодом существования запасов при текущей скорости потребления, то реально ее хватит лишь на 21 год при сохранении существующего темпа ее потребления и на 48

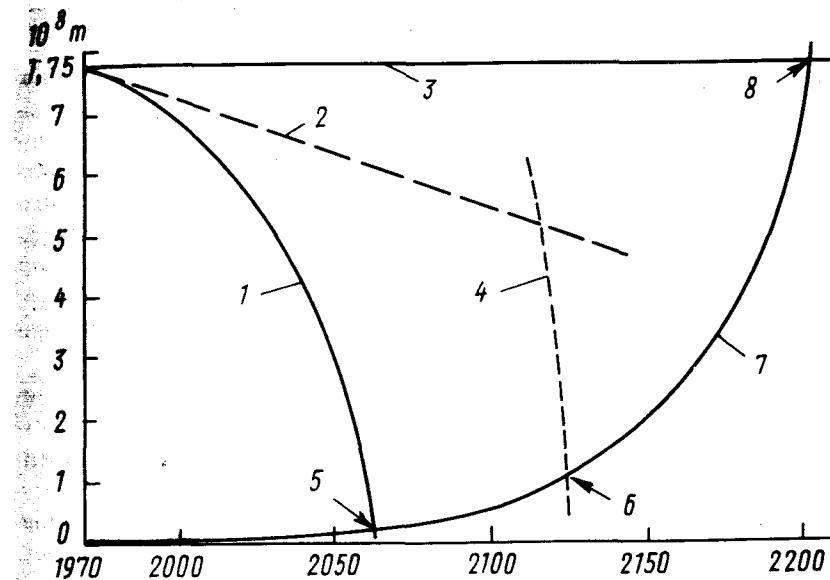


Рисунок 11
ЗАПАСЫ ХРОМА

Время жизни разведанных запасов хрома зависит от скорости использования хрома в будущем. Если она останется неизменной, запасы будут истощаться линейно, и их хватит на 420 лет. Если скорость использования будет увеличиваться экспоненциально с существующим в настоящее время темпом роста, равным 2,6% в год, то запасов хватит всего на 95 лет. Если реальные запасы будут в пять раз большие по сравнению с существующими разведанными запасами, то их хватит на 154 года (7) при экспоненциальном росте ее использования. Даже в случае идеальной вторичной переработки всех запасов хрома начиная с 1970 года экспоненциально растущий спрос на него через 235 лет превысит его запасы (8).

1 - оставшиеся запасы при экспоненциально растущей скорости их использования; 2 - оставшиеся запасы, при неизменной скорости их использования; 3 - ресурсы на 1970 год; 4 - оставшиеся запасы при экспоненциально растущей скорости их использования и пятикратном увеличении разведанных запасов на 1970 год; 5 - 95 лет; 6 - 154 года; 7 - скорость использования (тонн в год); 8 - 235 лет

лет, если ее запасы увеличить в 5 раз. Ясно, что существующий экспоненциальный рост скорости использования ресурсов весьма значительно сокращает временной интервал, на котором может быть обеспечен широкомасштабный экономический рост отраслей, основанных на использовании этих ресурсов. Конечно, реальная ситуация с наличием невозобнови-

ных ресурсов в последующие несколько десятилетий будет определяться многими факторами, воздействие которых будет сложнее и вряд ли сможет быть выражено в терминах обычного статического индекса запасов или экспоненциального индекса запасов. Мы исследовали эту проблему при помощи детальной модели, которая учитывает большое количество взаимодействий между такими факторами, как переменная концентрация минерала в руде, затраты на добычу и переработку руд, новые горнодобывающие технологии, изменчивость потребительского спроса, заменяемость другими ресурсами*. Ниже приводятся основные выводы, полученные при помощи этой модели.

На рисунке 12 представлен компьютерный график, показывающий наличие в будущем некоторого ресурса, в частности хрома, со значением вычисленного на 1970 год статического индекса запасов, равного 400 годам.

Вначале ежегодное потребление хрома экспоненциально растет и его запасы быстро истощаются. Цена хрома остается неизменно низкой благодаря появлению новых технических разработок в добывающей отрасли, которые позволяют эффективно использовать все более низкосортные руды. Однако в условиях продолжающегося роста спроса уровень технического прогресса растет недостаточно быстро и не может компенсировать растущие расходы, связанные с разведкой, добычей, обработкой и доставкой этого ресурса. Цена начинает расти, вначале медленно, а затем очень быстро. Возросшая цена заставляет потребителей использовать хром более экономично и при первой же возможности заменять его другими металлами. Спустя 120 лет стоимость добычи хрома из оставшихся запасов, которые теперь составляют около 5% от исходных, становится настолько высокой, что практически не позволяет осуществлять его добычу, и она падает до нуля.

Это более реалистическое предположение о динамике расхода хрома в будущем указывает на вероятную продолжительность жизни этого ресурса - 125 лет, которая значительно меньше величины, рассчитанной по статической гипотезе (400 лет), но больше величины продолжительности жизни, рассчитанной по гипотезе экспоненциального роста с постоянным темпом (95 лет). В динамической модели скорость расходования ресурса не является ни постоянной, ни непре-

* Более полно эта модель описана в работе Вильямса В. Беренса III, указанной в Приложении (William W. Behrence III).

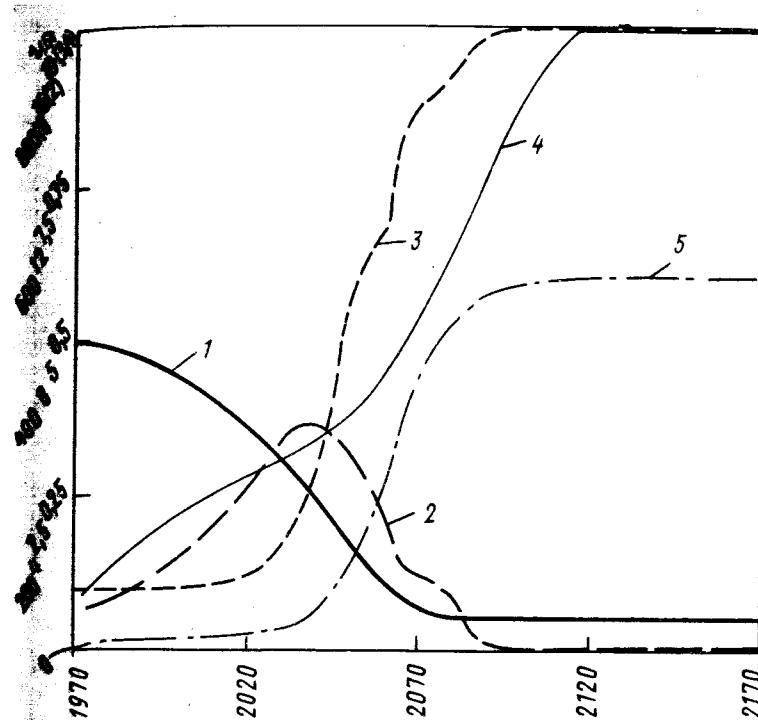


Рисунок 12
НАЛИЧНЫЕ ЗАПАСЫ ХРОМА

На этом рисунке представлен компьютерный расчет изменения экономических факторов, связанных с изменением наличных запасов ресурса (хрома), статический индекс запасов которого равен 400 годам. Экспоненциальный рост потребления ресурса в конце концов остановлен возросшими затратами на его добычу, не приведшими к истощению его исходных запасов, даже несмотря на экспоненциальный рост технического прогресса в области его добычи и переработки. Спустя 125 лет скорость расхода этого ресурса падает до нуля, и к этому моменту 60% первоначальных технологий его использования перешли на использование другого ресурса.

Источник: Вильям В. Беренс III, "Динамика использования природного ресурса", из книги Денниса Л. Медоуз и Донеллы Н. Медоуз "На пути к глобальному равновесию" (William W. Behrence III, "The Dynamics of Natural Resource Utilization" in Dennis L. Meadows and Donella H. Meadows, "Toward Global Equilibrium" Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1973).

1 - запасы; 2 - скорость расхода; 3 - реальная стоимость добычи; 4 - развитие горнодобывающих и обрабатывающих технологий; 5 - доля первоначального расхода ресурса, которая была замещена ресурсом-заменителем.

По горизонтальной оси - время в годах; по вертикальной - несколько величин (обозначения 1-5)

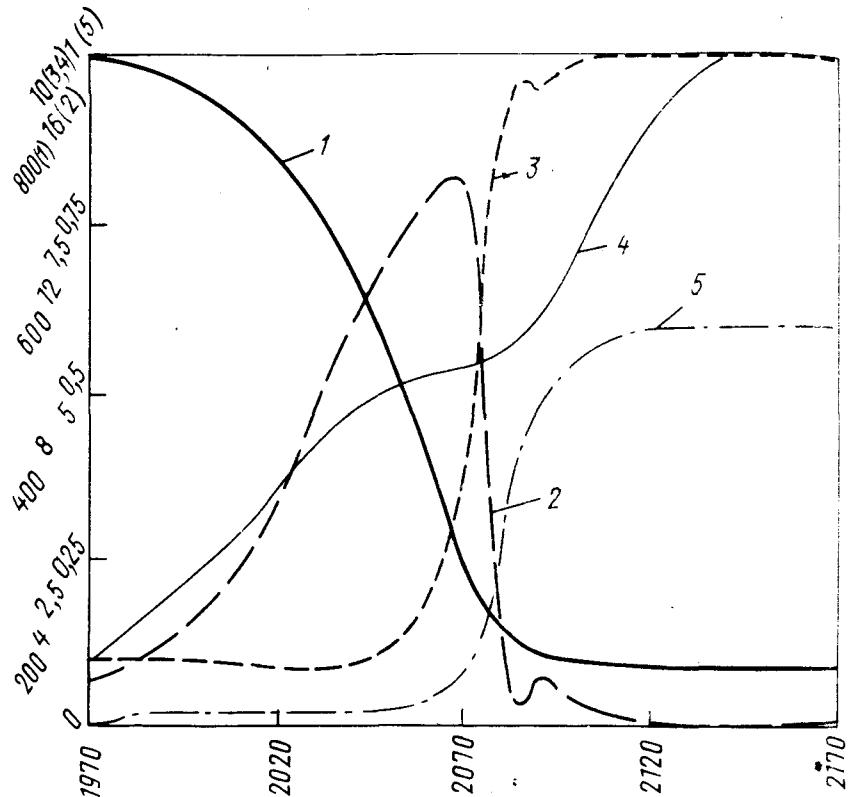


Рисунок 13

НАЛИЧНЫЕ ЗАПАСЫ ХРОМА В СЛУЧАЕ УДВОЕНИЯ РАЗВЕДАННЫХ ЗАПАСОВ

Если открытие в 1970 году новых месторождений приводит к удвоению объема разведанных запасов ресурса (статический индекс запасов равен 800 годам), экспоненциальный рост скорости его расходования продолжается и ее величина достигает высокого значения. Однако в тот период, когда скорость расходования достигает своего пика, ресурсы истощаются очень быстро. Вследствие этого исходное удвоение ресурса приводит не к удвоению срока существования, а лишь к его продлению со 125 до 145 лет.

Источник: Вильям В. Беренс III. "Динамика использования природного ресурса" (William W. Behrenes III. "The Dynamics of Natural Resource Utilization").

1 - запасы; 2 - скорость расхода; 3 - реальная стоимость добычи. Остальные обозначения, как на рис.12

неравномерно увеличивающейся, и соответствующая ей кривая имеет форму колокола с фазой роста и фазой спада.

Компьютерный расчет, представленный на рисунке 13, иллюстрирует влияние гипотетического открытия в 1970 году новых месторождений, которое приводит к удвоению объема оставшихся разведанных запасов хрома. Статический индекс запасов в 1970 году изменяется с 400 до 800 лет. В результате этих открытий стоимость добычи ресурса остается низкой несколько дольше и, следовательно, экспоненциальный рост может продолжаться дольше, чем это было на рисунке 12. Период времени, за который использование этого ресурса экономически возможно, возрос со 125 до 145 лет. Другими словами, удвоение запасов ресурса увеличивает реальный период его использования лишь на 20 лет.

Земная кора содержит огромные запасы сырья, которое человек научился добывать и превращать в полезные предметы. Однако как бы велики ни были эти запасы, они не бесконечны. Теперь, когда мы увидели, насколько внезапно экспоненциально растущая величина приближается к фиксированному верхнему пределу, для нас не будет неожиданностью следующее утверждение. При существующих темпах потребления ресурсов и прогнозируемом увеличении этих темпов через 100 лет считая с настоящего момента стоимость добычи подавляющего большинства важных на сегодняшний день невозобновимых ресурсов будет чрезвычайно высокой. До тех пор, пока спрос на ресурсы продолжает экспоненциально расти, это утверждение остается верным даже при наиболее оптимистических предположениях об объеме запасов ненразведенных ресурсов, росте уровня технического прогресса, заменяемости или вторичной переработке. Цены на ресурсы с наименющими статическими индексами уже начали расти. Например, цена на ртуть возросла за последние 20 лет на 500%; цена на свинец возросла за последние 30 лет на 300% [14].

Но из-за того, что природные запасы ресурсов и их потребление распределены по земному шару неравномерно, реальная ситуация в мире может оказаться намного сложнее тех обобщений, которые сделаны на основе изучения суммарных мировых запасов. Значения в последних четырех колонках таблицы 4 четко показывают, что развитые промышленные страны - потребители находятся в сильной зависимости от совокупности международных соглашений со странами-производителями в отношении сырьевого обеспечения их индустриальной базы. К сложному экономическому вопросу

су, связанному с судьбой различных промышленных отраслей в условиях, когда ресурсы один за другим становятся настолько дорогими, что практически не позволяют их добывать, добавляется еще и сложный политический вопрос, связанный с взаимоотношениями между странами-производителями и странами-потребителями в условиях, когда остающиеся ресурсы концентрируются во все более ограниченных географических регионах. Недавняя национализация южноамериканских шахт и успешно завершившаяся на Ближнем Востоке кампания борьбы за поднятие цен на нефть показывают, что политический вопрос может выйти на первый план задолго до того, как начнет проявляться экономический вопрос.

Имеем ли мы достаточно ресурсов для того, чтобы обеспечить экономическое развитие и достаточно высокий уровень жизни населения Земли численностью 7 миллиардов человек, ожидаемой к 2000 году? Ответ опять же должен быть условным. Это зависит от того, какие решения будут принимать основные страны - производители ресурсов по некоторым важным вопросам, ожидающим их в будущем. Они могут продолжать наращивать потребление ресурсов по существующему на сегодняшний день образцу. Они могут научиться получать сырье за счет вторичной переработки отходов. Они могут внедрить новые инженерные решения, которые увеличат срок службы продукции, для производства которой требуются редкие ресурсы. Они могут содействовать изменению социальных и экономических типов поведения человека таким образом, чтобы его нужды удовлетворялись при минимальном (а не максимальном) расходовании находящихся в его распоряжении незаменимых материалов.

При выборе любого из этих возможных путей развития будут возникать ситуации, когда необходимо делать выбор чего-либо одного за счет чего-то другого. В данном случае осуществление выбора является особенно трудным потому, что выбирать приходится между выгодами в настоящем и выгодами в будущем. Чтобы гарантировать наличие достаточных запасов ресурсов в будущем, необходимо выбрать такие стратегии развития, которые уменьшают расход ресурса в настоящем. Большинство этих стратегий проводится в жизнь через увеличение цен на ресурсы. Рециклирование (вторичная добыча ресурсов из отходов производства) и улучшение дизайна продукции настолько дороги, что в большинстве регионов мира такая деятельность считается "экономически не-

годной". Однако даже если бы удалось создать социальные институты, обеспечивающие осуществление такой деятельности, все равно до тех пор, пока движущие силы системы - культуры обратной связи, определяющие рост численности населения и промышленности, - продолжают порождать все большее число жителей и все большее увеличение спроса на ресурсы в расчете на душу населения, система и дальше будет приближаться к своему пределу - истощению земных запасов возобновимых ресурсов.

Что же происходит с добываемыми металлами и топливом после использования и получения отходов? В определенном смысле они никуда не исчезают. Составляющие их атомы, перегруппировываются и в конце концов распространяются в непригодных для использования малых концентрациях в воздухе, в почве и в водоемах нашей планеты. Естественные экологические системы способны поглощать многие виды отходов человеческой деятельности и перерабатывать их в такие вещества, которые пригодны или по крайней мере безвредны для других форм жизни. Однако когда происходит выброс какого-либо вида отходов в достаточно большом количестве, естественные поглощающие механизмы системы могут выйти в режим насыщения. Тогда отходы человеческой цивилизации могут накапливаться в окружающей среде в таких количествах, что становятся заметными, вызывают беспокойство или даже могут оказаться вредящими. Наличие ртути в океанической рыбе и частиц свинца в городском воздухе, гор мусора на городских свалках, нефтяные пятна на пляжах - все это результаты возросшего потока ресурсов, проходящих через руки человека. И неудивительно поэтому, что еще одной экспоненциально растущей величиной в мировой системе является загрязнение окружающей среды.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Многие люди... глядя на быстро растущее количество достаточно объективных свидетельств, приходят к выводу о том, что оставшийся срок жизни биосферы как области обитания организмов исчисляется не сотнями миллионов лет, а десятилетиями. И вина за это полностью лежит на нашем собственном биологическом виде [15].

Обеспокоенность человека по поводу влияния его деятельности на природную среду стала проявляться лишь совсем недавно. Попытки провести научно обоснованное измерение этого влияния являются еще более молодыми и пока весьма далекими от совершенства. На данном этапе мы, конечно, не имеем возможности вынести окончательное заключение о способности Земли поглощать загрязнение, но можем назвать четыре фундаментальных суждения, которые показывают (с глобальной, динамической точки зрения) всю сложность понимания механизмов функционирования экологических систем и управления ими в будущем. Вот эти суждения:

1. Те несколько видов загрязнения окружающей среды, по которым были проведены измерения и построены временные ряды, развиваются по закону экспоненциального роста.

2. У нас почти полностью отсутствуют знания о верхних пределах для этих кривых загрязнения окружающей среды.

3. Наличие в экологических процессах естественных запаздываний увеличивает вероятность недооценки степени загрязнения среды и необходимых мер по регулированию ее состояния и, следовательно, вероятность неизбежного выхода на эти верхние пределы.

4. Многие загрязнители имеют глобальное распространение; их вредоносное воздействие проявляется на далеком расстоянии от места выброса в окружающую среду.

Мы не имеем возможности проиллюстрировать эти четыре суждения на всех видах загрязнителей вследствие ограниченности объема книги и имеющейся информации. В качестве примеров мы будем использовать те виды загрязнителей, которые к настоящему моменту изучены наиболее полно, хотя это вовсе не означает, что именно они вызывают наибольшую озабоченность человека (хотя все они в той или иной степени вызывают такую озабоченность).

ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНО РАСТУЩЕЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

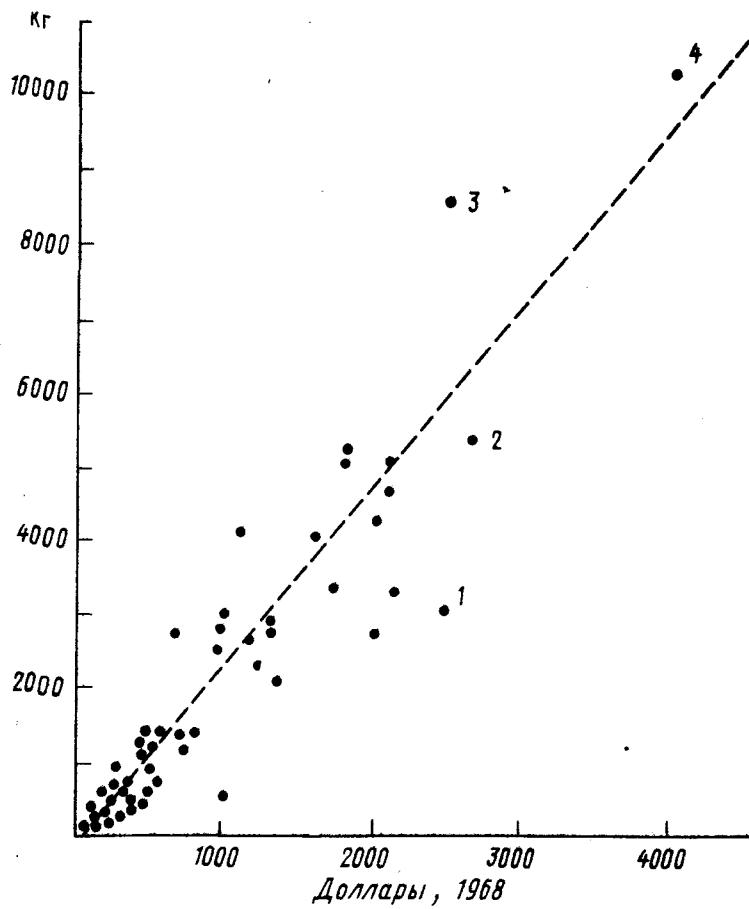
Проведенные замеры содержания загрязнителей в окружающей среде и построенные по ним временные ряды показывают, что фактически количество каждого загрязнителя

растет по экспоненциальному закону. Темпы их накопления различаются в разных приведенных ниже примерах, но в большинстве случаев превышают темп роста численности населения. Накопление некоторых загрязнителей, очевидно, непосредственно связано с ростом численности населения (или связанным с ним расширением сельскохозяйственной деятельности). Накопление других загрязнителей более тесно связано с ростом промышленности и развитием техники. В сложной мировой системе накопление в окружающей среде большинства загрязнителей зависит в той или иной степени от обоих контуров положительной обратной связи - численности населения и уровня промышленного развития.

Давайте начнем с рассмотрения тех загрязнителей, появление которых связано с растущим потреблением энергетических ресурсов. Процесс экономического развития является во существу процессом увеличения потребления энергии для обеспечения большей производительности и эффективности труда человека. В действительности одним из лучших показателей богатства какой-либо группы людей является объем потребляемой энергии на душу населения (рисунок 14). Мировое потребление энергии на душу населения увеличивается с темпом 1,3 % в год [16], и, значит, суммарное увеличение потребления энергии, с учетом роста численности населения составляет 3,4 % в год.

В настоящее время почти 97 % энергетических потребностей промышленной деятельности человечества удовлетворяется за счет сжигания ископаемого топлива (угля, нефти и природного газа) [17]. При горении этих видов топлива происходит выделение в атмосферу наряду с другими веществами двуокиси углерода (CO_2). На сегодняшний день сгорание ископаемого топлива за период в один год приводит к высвобождению почти 20 млрд т CO_2 [18]. Как видно из рисунка 15, зарегистрированное содержание CO_2 в атмосфере экспоненциально возрастает с темпом почти 0,2% в год. Но лишь около половины массы CO_2 , высвобождаемой в процессе горения ископаемого топлива, остается в атмосфере. Другая половина, очевидно, поглощается, в основном водной поверхностью океанов [19].

Если когда-нибудь потребности человечества в энергоресурсах смогут удовлетворяться за счет использования вместо ископаемого топлива атомной энергии, то рост содержания CO_2 в атмосфере в конце концов прекратится, надо надеять-



**Рисунок 14
ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ
И ВНП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ**

Хотя разные страны существенно различаются по потреблению энергии на душу населения, тем не менее его величина сильно коррелирует с суммарным выпуском продукции на душу населения (ВНП на душу населения). Связь между этими величинами в общем виде является линейной, а имеющий место разброс точек объясняется различиями климатических условий, местными ценами на топливо, значимостью сектора тяжелой промышленности в экономике региона.

Источники:

Потребление энергии приводится по данным Центра по экономическим и социальным делам ООН. Статистический справочник 1969 года (UN Department of Economic and Social Affairs, Statistical Yearbook 1969, New York United Nations, 1970).

ся, до наступления заметных негативных экологических и климатических последствий.

Однако имеется еще один побочный эффект, связанный с использованием энергоресурсов, который уже не зависит от вида топлива. В соответствии с законами термодинамики вся используемая человеком энергия должна в конце концов рассеиваться в виде тепла. Если энергоресурс отличается от естественной солнечной энергии (как, например, в случае использования исконасного топлива или атомной энергии), то выделение упомянутого выше тепла приведет к потеплению атмосферы либо непосредственно, либо опосредованно, через тепловое излучение, исходящее от используемой в качестве охладителя воды. В локальном масштабе тепловые отходы (или термальное загрязнение), попадая в водотоки, нарушают жизненный баланс водных организмов [20]. Скопление тепловых отходов в атмосфере вокруг крупных городов приводит к образованию городских "тепловых островов", характеризующихся возникновением многих метеорологических аномалий [21]. Если термальное загрязнение достигает такой величины, что будет составлять заметную долю от объема энергии, поступающей от Солнца и поглощаемой естественным образом Землей, оно сможет оказывать весьма значительное воздействие на климат, даже в мировом масштабе [22]. На рисунке 16 показан прогноз уровня термального загрязнения крупного города, выраженный в долях естественного притока солнечной энергии.

Атомная энергетика порождает еще один тип загрязнения окружающей среды - радиоактивные отходы. Так как в настоящее время атомная энергетика производит лишь незначительную часть всего используемого человеком объема энергоресурсов (данные на 1972 год - Прим. ред.), остается лишь строить догадки о возможном воздействии на окружающую среду отходов, образующихся в процессе эксплуатации атомных реакторов. Однако некоторое представление можно получить при рассмотрении существующих и ожидаемых

ВНП на душу населения приводится по данным Атласа Всемирного банка (World Bank Atlas, Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development, 1970).

По вертикальной оси - годовое потребление угля на душу населения (угольный эквивалент), кг; по горизонтальной - ВНП на душу населения (в долларах США 1968 г. на душу населения в год). 1 - Швейцария; 2 - Швеция; 3 - Канада; 4 - США

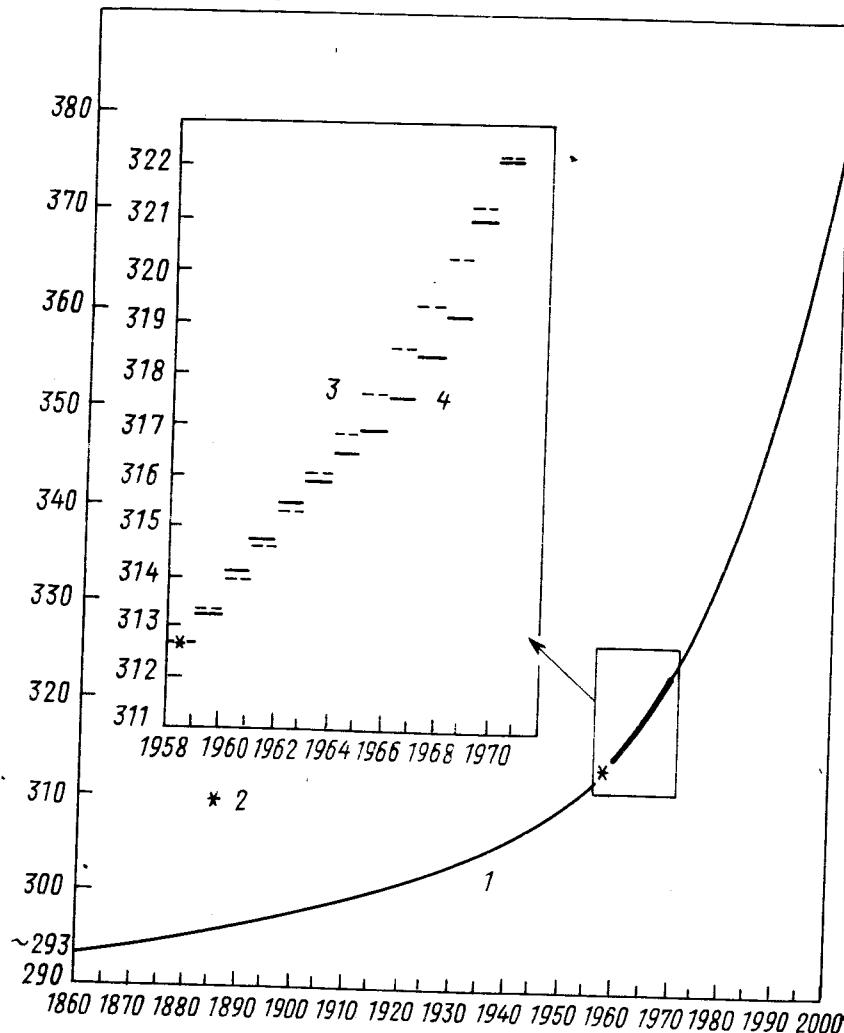


Рисунок 15

КОНЦЕНТРАЦИЯ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРЕ

Концентрация CO_2 в атмосфере у горы Мауна Лоа на Гавайских островах постоянно растет (замеры производились начиная с 1958 года). В настоящее время прирост в среднем составляет 1,5 частей на один миллион в год (ppm). Расчеты, учитывающие обмен CO_2 между атмосферой, биосферой и океанами, показывают, что к 2000 году концентрация CO_2 в атмосфере достигнет 380 частей на миллион, т.е. вырастет почти на 30 % по сравнению с вероятным значением в 1860 году. Источником этого экспоненциального роста является деятельность человека по сжиганию ископаемого топлива.

объемов образования радиоактивных изотопов на строящихся атомных электростанциях. На атомной электростанции мощностью в 1,6 млн кВт, которая в настоящее время строится в Соединенных Штатах Америки, ожидается образование в составе реакторных газов 42800 Ки * радиоактивного криптона (период полураспада варьирует от нескольких часов до 9,4 лет, в зависимости от конкретного вида изотопа) и 2910 Ки трития (период полураспада 12,5 лет) в жидких отходах охладительной системы [23]. На рисунке 17 показан ожидаемый рост мощностей атомной энергетики США за период времени от настоящего момента до 2000 года. На графике также показаны оценки ежегодного образующихся на этих мощностях объемов радиоактивных отходов и оценки сконсервирующихся за весь период времени суммарных объемов радиоактивных отходов (в виде отработанного реакторного топлива), которые подлежат надежному захоронению.

Двуокись углерода, термальное загрязнение и радиоактивные отходы - это всего лишь три наименования из большого списка загрязняющих окружающую среду продуктов деятельности человека, образование которых происходит с экспоненциально растущей скоростью. На рисунках 18-21 приведены примеры других видов загрязнения окружающей среды.

На рисунке 18 показано изменение химического состава воды в одном из больших северо-американских озер вследствие скопления в нем растворенных промышленных, сельско-

Источник: Лестер Мачта. "Роль океанов и биосфера в цикле двуокиси углерода". Работа представлена на 20-м Нобелевском симпозиуме "Изменяющаяся химия океанов", проходившем в Гетеборге, Швеция, в августе 1971 года (Lester Machta. "The Role of the Oceans and Biosphere in the Carbon Dioxide Cycle". Paper presented at Nobel Symposium 20 "The Changing Chemistry of the Oceans", Goteborg, Sweden, August 1971).

По вертикальной оси - частей CO_2 на миллион (по объему); 1 - модельные расчеты содержания в атмосфере CO_2 , выделяемого при сгорании ископаемого топлива; 2 - прогнозируемые значения допущены равными наблюдаемым; внутренний график - ПРОВЕРКА МОДЕЛИ НА АДЕКВАТНОСТЬ; 3 - модельный прогноз; 4 - наблюдаемые значения в районе горы Мауна Лоа

* Один кюри (1 Ки) - радиоактивный эквивалент 1 г радия. Это настолько большая доза радиации, что обычно концентрация радиоактивных веществ в окружающей среде измеряется в микрокюри (миллионных долях одного кюри).

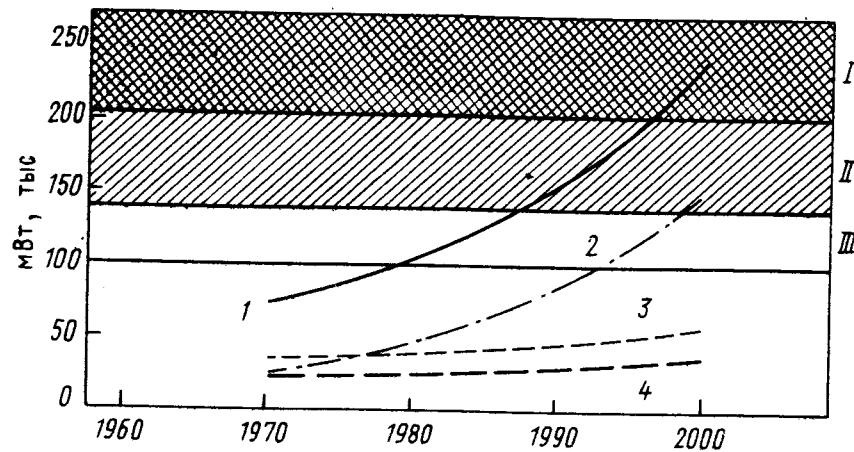


Рисунок 16

ТЕПЛОВЫЕ ОТХОДЫ В ВОЗДУШНОМ БАССЕЙНЕ ГОРОДА ЛОС-АНДЖЕЛЕС

Выход неиспользованного тепла в воздушный бассейн над Лос-Анджелесом, занимающем площадь более 4000 кв. миль, в настоящее время составляет 5 % от суммарного притока солнечной энергии, поглощаемой этой поверхностью. При сохранении существующего темпа роста к 2000 году выход тепла достигнет 18 % от количества поступающей солнечной энергии. Это тепло, которое вы свобождается в результате всех видов деятельности, связанных с производством и потреблением энергии, уже сейчас оказывает влияние на локальные климатические условия.

Источник: Л. Лиз. Доклад по результатам исследования критических проблем окружающей среды. В сб. "Влияние человека на глобальную окружающую среду". (L. Lees in "Man's Impact on the Global Environment", Report of the Study of Critical Environmental Problems. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1970).

I - 15% поглощенной солнечной энергии; II - 10%; III - 5%; 1 - суммарные тепловые отходы; 2 - тепловые отходы на электростанциях (80% мощностей); 3 - бытовые и производственные тепловые отходы (газ и нефть) (60% мощностей); 4 - автотранспорт (в среднем 14 часов)

хозяйственных и городских отходов. На графике также показано сопровождающее процесс загрязнения падение промышленной добычи рыбы в этом озере.

Рисунок 19 объясняет причину катастрофического воздействия на рыб растущего содержания органических отходов в воде. На рисунке показано содержание в Балтийском море

растворенного в воде кислорода (которым рыба "дышит") как функция времени. По мере того как возрастающие объемы отходов поступают в воду и там разлагаются, запас растворенного в воде кислорода истощается, а в некоторых районах Балтийского моря уровень содержания кислорода в воде практически упал до нуля.

Токсичные металлы свинец и ртуть попадают в водотоки и в атмосферу в составе выхлопных газов автомобилей, отходов промышленного производства, а также в процесс использования пестицидов. На рисунке 20 показано экспоненциально растущее потребление ртути в США с 1946 по 1968 год. Лишь 18 % этой массы после использования улавливается очистительными установками и используется вторично [24]. Экспоненциальный рост содержания свинца в воздухе был обнаружен при изучении проб льда из ледяной шапки Гренландии, взятых на последовательно возрастающих глубинах. Результаты показаны на рисунке 21.

НЕИЗВЕСТНЫЕ ВЕРХНИЕ ПРЕДЕЛЫ

Все экспоненциальные кривые, построенные для разных видов загрязнения окружающей среды, могут быть экстраполированы в будущее, как, например, спрос на находящие земли на рисунке 10, или расход ресурса на рисунке 11. На этих двух рисунках кривая экспоненциального роста в конце концов выходила на верхний предел - суммарный запас используемых и потенциальных цахотных земель или суммарный резервный запас ресурсов Земли, любыча которых экономически возможна. Однако у нас пока нет представления о верхних границах кривых экспоненциального роста для загрязняющих окружающую среду веществ, показанных на рисунках 18-21, так как неизвестно, насколько сильно можно возмузить равновесие окружающей среды на земном шаре без серьезных последствий для нее. Неизвестно, какие количества CO_2 или термальных отходов вызовут не обратимые глобальные изменения климата или какое количество радиоактивных отходов, свинца, ртути или пестицидов после поглощения их растениями, рыбой или человеком резко нарушит жизненно важные процессы.

мВт, тыс

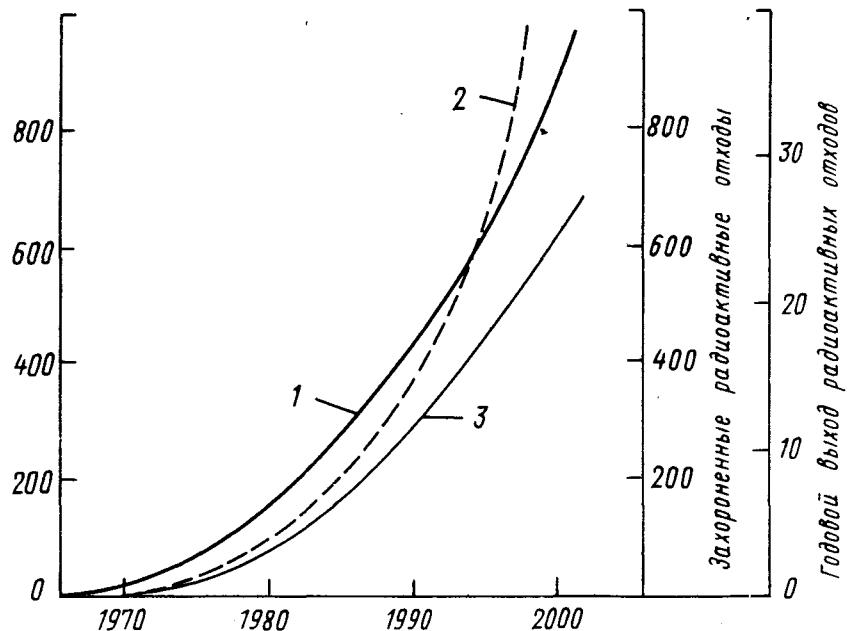


Рисунок 17

РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ

В СНЯ ожидается рост объема действующих мощностей по производству атомной энергии с 11 тысяч мегаватт в 1970 году до более 900 тысяч мегаватт в 2000 году. К этому году суммарный объем захороненных радиоактивных отходов - побочных продуктов, образовавшихся в процессе производства атомной энергии, - вероятно, превысит 1 тысячу миллиардов кюри. При сохранении существующих пропорций образования радиоактивных отходов их ежегодный выход в основном в виде содержащихся в используемой для охлаждения воде газа криптона и трития достигнет величины 25 миллионов кюри.

Источники: Мощности, введенные в действие к 1985 году, приводятся по данным Комиссии СНЯ по атомной энергетике из сборника "Прогноз роста атомной энергетики" (US Atomic Energy Commission, "Forecast of Growth of Nuclear Power", Washington, DC: Government Printing Office, 1971).

Прогноз мощностей, которые будут введены в действие к 2000 году, приводится по работе Чонси Старр "Энергия и мощь" в журнале "Сайентифик Америкэн" за сентябрь 1971 года (Chauncy Starr "Energy and Power", Scientific American, September 1971).

Объемы захороненных радиоактивных отходов приводятся по работе Дж. А. Сноу "Радиоактивные отходы реакторов" в журнале "Сайентист энд

ЕСТЕСТВЕННЫЕ ЗАПАЗДЫВАНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Отсутствие знаний о предельных возможностях Земли может привести к загрязнению окружающей среды веществами уже должно стать достаточной причиной соблюдения осторожности в решении вопросов, связанных с выбросами таких веществ. Но опасность приближения к этим пределам становится еще болезненней вследствие длительного запаздывания между выбросом загрязнителя и проявлением отрицательного воздействия этого выброса на экосистему. Динамические последствия такого запаздывания можно проиллюстрировать примере циркуляции в окружающей среде ДДТ после его использования в качестве ядохимиката против насекомых. Приведенные ниже результаты были получены в ходе дальнего системно-динамического исследования^{*} с использованием соответствующих ДДТ числовых коэффициентов. Общие выводы распространяются (с некоторыми изменениями конкретных значений перечисленных величин) на все долговивущие токсичные вещества, такие как ртуть, свинец, кадмий, другие пестициды, полихлоробифенилы, а также радиоактивные отходы.

ДДТ - созданное человеком органическое соединение, вступающее в окружающую среду в форме пестицида со скоростью около 100000 т в год [25]. После его разбрзгивания над полями часть испаряется и переносится с воздушными массами на большие расстояния, а затем с осадками возвращается в землю или попадает в океан. В океане часть ДДТ поглощается планктоном, часть планктона потребляется

"Наука и жизнь", № 9, 1967 г. (J. A. Snow, Radioactive Wastes from Reactors, Scientist and Citizen, 9, 1967).

Годовой выход радиоактивных отходов рассчитан по техническим характеристикам атомной электростанции мощностью 1.6 тысяч мегаватт, расположенной в г. Калверт Клифф, штат Мэриленд, СНЯ.

По вертикальной оси - мощности, введенные в действие Соединенными Штатами Америки, тысячи мегаватт: 1 - введенные в действие мощности; 2 - захороненные радиоактивные отходы; 3 - выход радиоактивных отходов

Ссылка на это исследование, проведенное Йоргеном Рандерсом и Денисом Л. Медоузом (Jorgen Randers and Dennis L. Meadows), приводится в приложении.

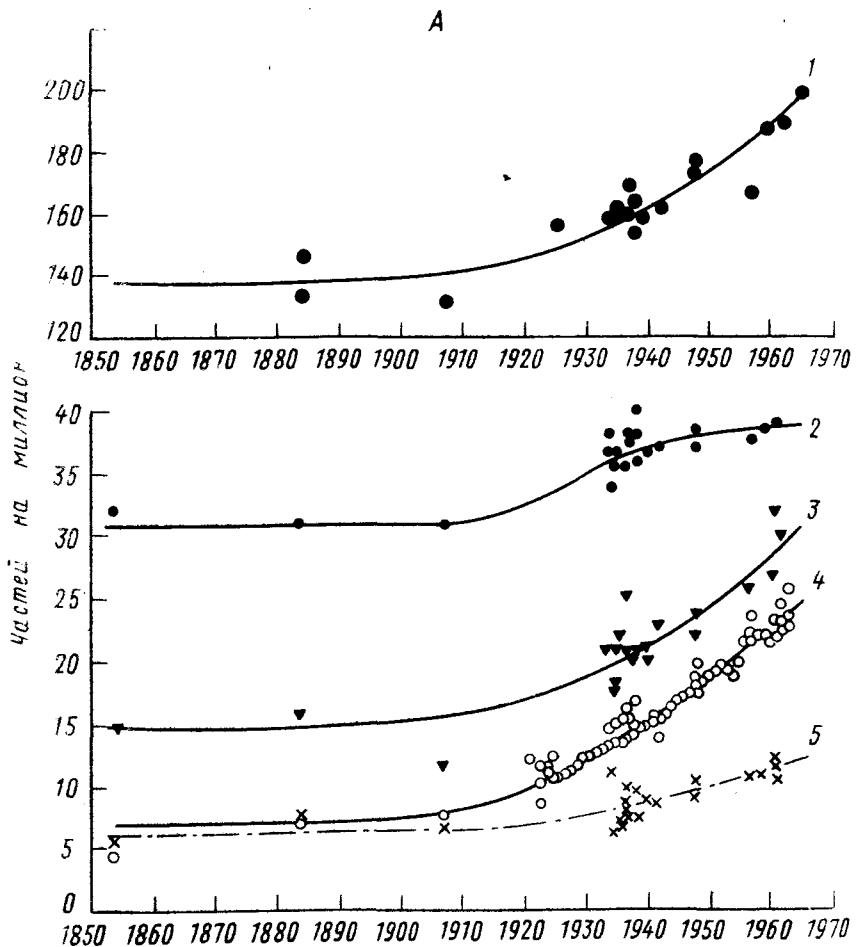
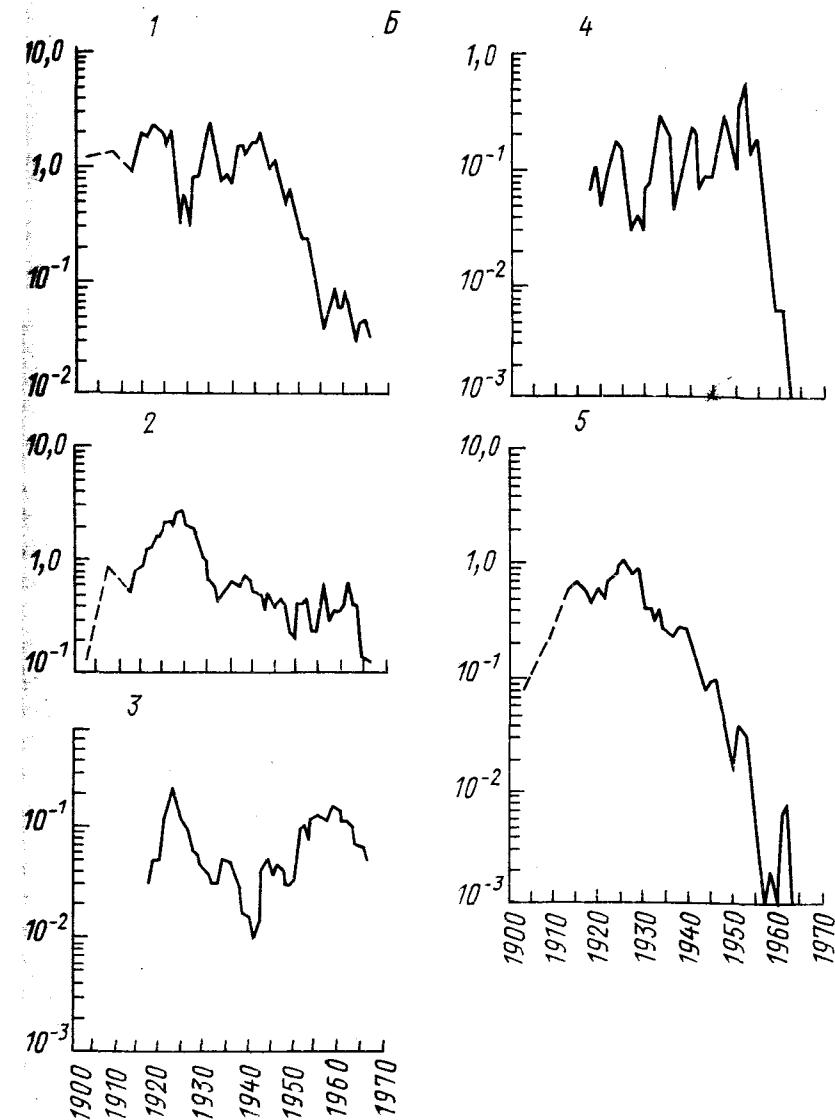


Рисунок 18

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И РЫБНОГО ПРОМЫСЛА В ОЗЕРЕ ОНТАРИО

В результате попадания в озеро Онтарио большого количества городских, промышленных и сельскохозяйственных отходов имеет место экспоненциальный рост концентрации в воде многих видов солей. Изменение химического состава озерной воды (А) привело к критическому снижению улова наиболее ценных промысловых рыб (Б). Следует отметить, что на графиках объемов улова рыбы используется логарифмическая шкала и, следовательно, для большинства видов объемы улова снизились с коэффициентами от 100 до 1000.

Источник: А. М. Битон. Заявление о состоянии загрязненности и засоленности Великих озер., Специальный доклад №11 Центра исследований Великих



Великих озер Висконсинского университета (A. M. Beeton. Statement on Pollution and Eutrophication of the Great Lakes, The University of Wisconsin Center for Great Lakes Studies, Special Report N 11, Milwaukee, Wisc.: University of Wisconsin, 1970).

На А: 1 - суммарное количество нерастворимых твердых отходов; 2 - кальций; 3 - сульфаты; 4 - хлориды; 5 - натрий и калий. На Б: 1 - озерная сельдь и голавль; 2 - голубая щука; 3 - сиг; 4 - озерная форель; 5 - светлопесчаный судак (*Stizostedion vitreum*)

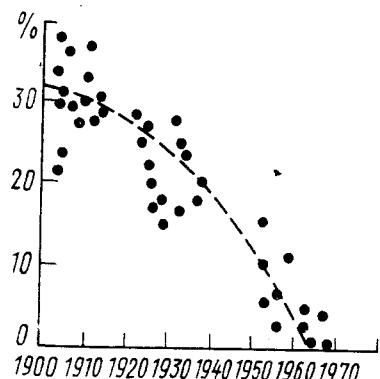


Рисунок 19

СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОРОДА В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ

Растущее накопление органических отходов в Балтийском море с его минимальной циркуляцией воды явилось следствием постоянно снижающейся концентрации кислорода в воде. В некоторых местах, в особенности на больших глубинах, концентрация кислорода снизилась до нуля и стало невозможным существование почти всех форм подводной жизни.

Источник: Стиг Х. Фонселиус. "Умершее море" в журнале "Энвайронмент", июль/август 1970 г. (Stig H. Fonselius "Stagnant Sea", Environment, July/August, 1970).

По вертикальной оси - процент от полного насыщения

рыбой, а часть рыбы в конце концов употребляется в пищу человеком. На каждой ступени этого процесса ДДТ может превратиться в безвредное вещество, может снова поступить в океан или скапливаться в тканях живых организмов. Каждая из ступеней обуславливает некоторое время запаздывания. Все возможные каналы распространения ДДТ были исследованы при помощи компьютера и представлены на рисунке 22.

Показанная на графике скорость потребления ДДТ отражает реальное ежегодное мировое потребление ДДТ с 1940 по 1970 год. График показывает, что произойдет, если начиная с 1970 года скорость потребления ДДТ будет постепенно уменьшаться и достигнет нулевого значения к 2000 году. Из-за наличия в системе естественного запаздывания содержание ДДТ в рыбе продолжает расти в течение более 10 лет после начала снижения скорости его потребления, а уровень его содержания в рыбе остается выше уровня 1970 года вплоть до 1995 года, т.е. в течение более двух десятилетий с момента принятия решения об уменьшении потребления ДДТ.

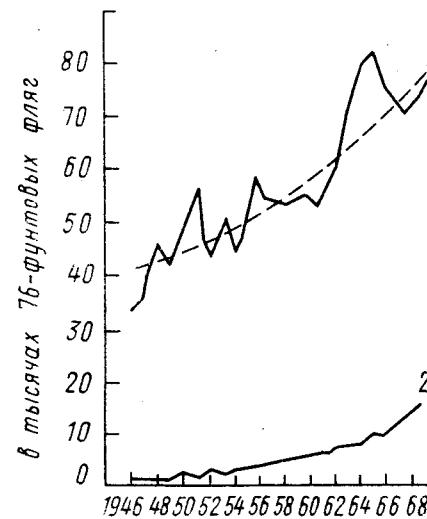


Рисунок 20

ПОТРЕБЛЕНИЕ РТУТИ В США

В Соединенных Штатах Америки общая тенденция роста потребления ртути имеет экспоненциальный характер, и на нее накладываются кратковременные рыночные колебания. Большая часть ртути используется при производстве селекто-и хлора. При построении графика не учитывались увеличивающиеся объемы ртути, выбрасываемые в атмосферу при сгорании ископаемого топлива.

Источник: Барри Коммонер, Майкл Карр и Пол Дж. Стэмлер. "Причины загрязнения окружающей среды" в журнале "Энвайронмент", апрель 1971 г. (Barry Commoner, Michael Carr, and Paul J. Stamber. "The Causes of Pollution", Environment, April, 1971).

1 - суммарное потребление; 2 - потребление в производстве селекто-и хлора

Если появляется болыное запаздывание между моментом выброса загрязнителя и проявлением его вредного действия на окружающей среды воздействия, мы знаем, что такое же по длительности запаздывание будет между моментом начала контроля над выбросом этого загрязнителя и моментом начала снижения его разрушающего воздействия на окружающую среду. Другими словами, любая система контроля над загрязнением окружающей среды, основанная на применении контролирующих воздействий лишь после того, как станет заметным напеченный среде ущерб, будет, скорее всего, га-

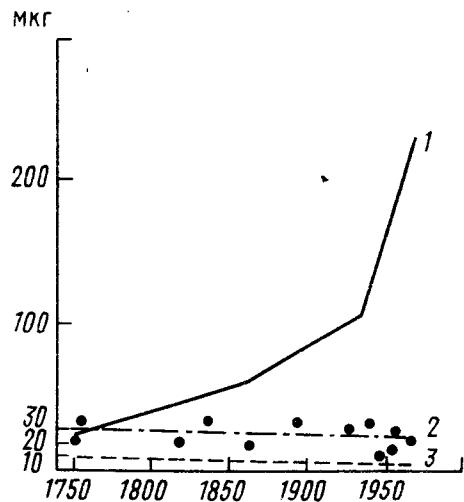


Рисунок 21

СВИНЕЦ В ЛЕДЯНОЙ ШАПКЕ ГРЕНЛАНДИИ

Взятые из глубины ледяного покрова Гренландии пробы снега указывают на наличие в нем растущего со временем содержания свинца. В качестве контроля измерялось также содержание кальция и морской соли. Содержание свинца отражает растущее мировое промышленное потребление этого металла наряду с прямым попаданием его в атмосферу в составе выхлопных газов автомобилей.

Источник: К. К. Паттерсон и Дж. Д. Салвия "Свинец в существующей сегодня окружающей среде - какое содержание считается естественным?" в журнале "Сайентист энд Ситизен", Апрель, 1968 г. (C. C. Patterson and J. D. Salvia "Lead in Modern Environment - How Much is Natural?", *Scientist and Citizen*, April, 1968).

По горизонтальной оси - возраст снежного слоя; 1 - содержание свинца в тонне снега; 2 - содержание морской соли в килограмме снега; 3 - содержание кальция в килограмме снега

рантией значительного ухудшения кризисного состояния окружающей среды перед его улучшением. Системы такого рода исключительно сложны для управления, так как для его успешной реализации требуется, чтобы предпринимаемые в настоящем время действия основывались на анализе результатов, ожидаемых в отдаленном будущем.

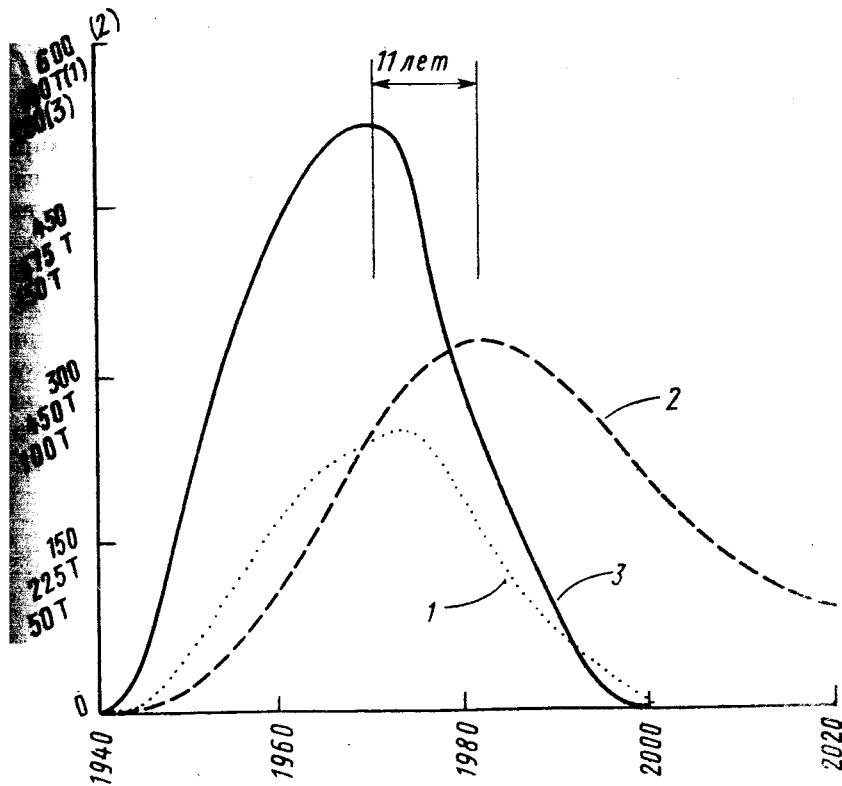


Рисунок 22

ПОТОКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДДТ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Проведенные расчеты перемещения ДДТ в окружающей среде показывают наиболее вероятные результаты для случая, в котором начиная с 1970 года мировое потребление ДДТ снижается. Содержание ДДТ в почве достигает своего пика сразу после начавшегося снижения скорости потребления ДДТ, но содержание ДДТ в рыбе продолжает еще расти в течение 11 лет и остается выше уровня 1970 года вплоть до 1995 года. Содержание ДДТ в организме питающихся рыбой животных (птиц) или человека, характеризуется еще большим запаздыванием между началом снижения скорости потребления ДДТ и началом снижения его содержания в организме.

Источник: Йорген Рандерс. "Перемещение ДДТ в глобальной окружающей среде"; в книге Дениса Л. Медоуза и Донеллы Х. Медоуз "На пути к глобальному равновесию" (Jorgen Randers. "DDT Movement in the Global Environment" in Dennis L. Meadows and Donella H. Meadows "Toward Global Equilibrium", Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1973).

1 - содержание ДДТ в почве; 2 - содержание ДДТ в рыбе; 3 - скорость потребления

ГЛОБАЛЬНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

На сегодняшний день лишь развитые страны мира всерьез обеспокоены загрязнением окружающей среды. Однако многие виды загрязнения обладают одной общей характеристикой, о которой можно лишь сожалеть: они широко распространяются по всему миру. Хотя Гренландия находится далеко в стороне от любого источника загрязнения атмосферы выбросами свинца, его содержание во льдах Гренландии выросло с 1940 года на 300 % [26]. Присутствие ДДТ обнаружено в жировых тканях организма человека во всех частях земного шара, начиная с проживающих на Аляске эскимосов и кончая городскими жителями Нью-Дели, как это видно из таблицы 5.

ПРЕДЕЛЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Так как образование загрязняющих окружающую среду веществ является сложной функцией, зависящей от численности населения, уровня промышленного развития, а также от масштабов использования специфических технологий, получение точной оценки для темпа роста экспоненциальной кривой суммарного выброса всех загрязняющих веществ является сложной задачей. Мы могли бы дать следующую оценку: если бы все население Земли в 2000 году (7 млрд человек) было обеспечено таким же высоким ВНП на душу населения, который сегодня имеет место в США, то суммарная нагрузка на окружающую среду в результате выброса загрязняющих ее веществ стала бы по крайней мере в десять раз больше по сравнению с существующим сегодня уровнем. Могут ли естественные системы Земли выдержать вторжение в таких масштабах? Этого мы не знаем. По существующему мнению, человек уже настолько ухудшил состояние окружающей среды, что крупным природным системам нанесен необратимый ущерб. Ни для одного вида загрязнителя мы не знаем точного значения верхнего предела способности Земли поглощать его, не говоря уже о способности Земли поглощать все виды загрязнителей вместе. Однако мы знаем, что такой верхний предел существует. Во многих мес-

Таблица 5. СОДЕРЖАНИЕ ДЛЯ В ЖИРОВЫХ ТКАНЯХ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

| Население | Год | Концентрация ДДТ и его токсичных производных в жировых тканях организма человека (в частях на миллион) | | |
|---|---------|--|---------|--|
| | | Количество людей в выборке | Год | Концентрация ДДТ и его токсичных производных в жировых тканях организма человека (в частях на миллион) |
| Аляска (эскимосы) | 1960 | 20 | 1960 | 3.0 |
| Канада | 1959-60 | 62 | 1961 | 4.9 |
| Англия | 1961-62 | 131 | 1964 | 2.2 |
| Франция | 1964 | 100 | 1961 | 3.9 |
| Германия | 1958-59 | 60 | 1961 | 5.2 |
| Венгрия | 1960 | 48 | 1960 | 2.3 |
| Индия (Дели) | 1964 | 67 | 1964 | 12.4 |
| Израиль | 1963-64 | 254 | 1963-64 | 26.0 |
| Соединенные Штаты Америки (Кентукки) (Джорджия, Кентукки, Аризона, Вашингтон) | 1942 | 10 | 1942 | 19.2 |
| Соединенные Штаты Америки (все территории) | 1961-62 | 130 | 1964 | 0.0 |
| | | | | 12.7 |
| | | | | 7.6 |

Источник: Уэйланд Дж.Хейес младший, "Обследование продуктов питания и людей на содержание пестицидов" в сборнике "Scientific Aspects of Pest Control", Wayland J. Hayes, Jr., "Monitoring Food and People for Pesticide Content" in "Scientific Aspects of Pest Control", Washington, DC: National Academy of Sciences - National Research Council, 1966).

так локальное загрязнение окружающей среды уже вышло на этот предел. Самым верным путем к его достижению в глобальном масштабе является экспоненциальный рост численности населения и одновременный экспоненциальный рост индивидуальной деятельности каждого человека, вызывающей загрязнение окружающей среды.

Ситуации, возникающие в секторе окружающей среды мировой системы, в которых приходится делать выбор одного за счет другого, ничуть не проще аналогичных ситуаций в секторах сельского хозяйства и природных ресурсов. Выгоды от природоохранных мероприятий обычно далеко удалены от связанных с ними затрат как в пространстве, так и во времени. Таким образом, для принятия взвешенных решений необходимо учитывать как пространственные, так и временные факторы. Если отходы сливаются в верховье реки, кто пострадает в ее низовье? Если сегодня использовать противогрибковые ядохимикаты, содержащие ртуть, то в каком объеме, когда и где эта ртуть появится в океанической рыбе? Если вызывающие загрязнение окружающей среды заводы сейчас разместить в удаленных местах с целью "изоляции" выбрасываемых ими загрязнителей, то где окажутся эти загрязнители через десять или двадцать лет?

Может оказаться, что развитие новых технологий позволит снизить показатели загрязнения окружающей среды, но такое производство будет обязательно дорогостоящим. Совет США по качеству окружающей среды запросил сумму в 105 млрд долларов на период времени от настоящего момента до 1975 года (42 % этой суммы должны быть выплачены самой промышленностью) на покрытие расходов, связанных лишь с частичной очисткой от загрязнений воздушного и водного бассейна, в том числе и от загрязнений твердыми отходами [27]. Любая страна имеет возможность отложить такие расходы на более поздний срок, а высвободившиеся ресурсы пустить на развитие своей промышленности, но только за счет будущей деградации окружающей среды. Для того чтобы эту будущую деградацию сделать обратимой, придется пойти на значительно большие затраты.

КОНЕЧНЫЙ МИР

В этой главе рассматривалось много ситуаций, в которых приходится делать выбор чего-либо одного за счет чего-либо другого, - в системе производства продуктов питания, в

системе потребления природных ресурсов, в системе загрязнения и очистки окружающей среды. Теперь должно быть ясно, что все ситуации с выбором являются следствием одного, единственного факта - Земля конечна. Чем ближе любой вид человеческой деятельности подходит к пределам способности Земли поддерживать этот вид деятельности, тем более явными и неразрешимыми становятся ситуации с таким выбором. Когда неиспользуемых пахотных земель можно, можно иметь больше людей и одновременно больше продуктов питания для каждого из них. Но когда все земли уже использованы, выбор между большей численностью людей или большим количеством продуктов питания на одного человека становится неизбежным.

Вообще современное общество еще не научилось признавать существование ситуаций, в которых необходимо делать такой выбор, равно как и действовать. Существующая на сегодняшний день мировая система явно задается целью производить больше людей и больше продуктов питания, промышленных товаров, чистого воздуха и воды для каждого из них. Если общество и далее будет следовать этой цели, то в конце концов оно выйдет на одно из множества существующих на Земле ограничений. Как будет показано в следующей главе, невозможно предсказать точно, какое из ограничений будет достигнуто первым или какими будут последствия выхода на него, так как существует широкий диапазон заранее непредсказуемых ответных действий человека в подобных ситуациях. Однако вполне возможно исследование вопроса о том, какие условия и какие изменения в мировой системе могли бы привести общество к адаптации, а какие - к столкновению с пределами роста в конечном мире.

ГЛАВА III РОСТ В МИРОВОЙ СИСТЕМЕ

Начало и конец окружности совпадают.

Гераклит, 500 г. до н.э.

Мы обсудили вопросы, связанные с производством продуктов питания, добычей и потреблением невозобновимых ресурсов, загрязнением окружающей среду отходов, рассматривая их в виде отдельных факторов, обеспечивающих существование и рост населения и промышленности. Мы имели возможность оценить темп роста спроса на эти факторы, а также верхние пределы каждого из них. Путем простой экстраполяции кривых роста спроса мы попытались получить грубую оценку оставшегося запаса времени, в течение которого при сохранении существующих темпов роста этих факторов он все-таки продолжался бы. Вывод, полученный нами на основании этих экстраполяционных расчетов, совпадает с выводом, давно сделанным многими наблюдательными людьми: короткий период времени удвоения, характеризующий многие виды деятельности, в претерпевает это удвоение, приближает нас к пределам роста для этих видов деятельности за удивительно короткий срок.

Экстраполяция существующих тенденций развития уже давно используется как способ заглянуть в будущее, в особенности в самое близкое будущее, обращаясь прежде всего к тем случаям, когда рассматриваемая величина не подвергается сильному воздействию со стороны других тенденций развития, наблюдавшихся в какой-нибудь другой части системы. Конечно, ни один из рассматриваемых нами пяти факторов не является независимым и находится в постоянном взаимодействии со всеми другими. Выше мы уже рассматривали некоторые из этих взаимодействий. Население не может расти без обеспечения продуктами питания, увеличение производства продуктов питания требует увеличения объемов капитала, большие объемы капитала требуют больших ресурсов, остающиеся после переработки ресурсов отходы увеличивают за-

грязнение окружающей среды, которое тормозит рост как численности населения, так и производства продуктов питания.

Более того, если рассматривать длительные промежутки времени, то каждый из этих факторов замыкается еще и сам на себя. Так, изменение темпа роста производства продуктов питания, например в 1970 году начнетказываться на численности населения в 80-х годах, которая в свою очередь будет определять желаемый темп роста производства продуктов питания на много лет вперед. Аналогичным образом изменение скорости потребления ресурсов через несколько ближайших лет скажется на объеме капитальной базы, которая должна обеспечиваться этими ресурсами, и на объеме оставшихся резервных запасов ресурсов на Земле. Имеющиеся объемы капитала и запасы ресурсов будут взаимодействовать друг с другом, и в ходе этого взаимодействия будет определяться будущее соотношение спроса и предложения на ресурсы.

Пять основных величин, или, как их называют в терминологии системной динамики, уровней, - население, капитал, продукты питания, невозобновимые ресурсы, и загрязнение окружающей среды - объединены, помимо перечисленных, еще и другими взаимодействиями и контурами обратных связей, которые мы пока не рассматривали. Совершенно очевидно, что для получения долгосрочной оценки будущего состояния любого из этих уровней необходимо учитывать его взаимодействие со всеми остальными. Однако даже такая относительно простая система имеет столь сложную структуру, что не позволяет интуитивно представить, как она будет вести себя в будущем или как изменения одной переменной в конце концов скажутся на всех остальных. Для формирования такого представления нам необходимо расширить свои интуитивные способности таким образом, чтобы иметь возможность одновременно оценивать сложное поведение большого числа взаимодействующих переменных.

В этой главе приводится описание формальной модели, которую мы использовали в качестве первой ступени на пути к пониманию сложной мировой системы. Она представляет собой лишь попытку свести воедино большой объем существующих знаний о причинно-следственной зависимости между перечисленными выше пятью уровнями и представить эти знания в виде замыкающихся друг на друга контуров обратных связей. Так как модель мира является очень важным инструментом при формировании представлений о

причинах и пределах роста в мировой системе, остановимся более подробно на том, как эта модель создавалась.

Процесс создания модели состоял из четырех основных этапов.

1. Вначале мы составили список наиболее важных соотношений между перечисленными выше пятью уровнями и достроили получившуюся структуру до контуров обратных связей. При этом мы консультировались с соответствующими специалистами и пользовались необходимыми литературными источниками по разным научным направлениям, связанным с интересующими нас проблемами - например, по демографии, экономике, агрономии, диетологии, геологии и экологии. На первом этапе мы задались целью найти ту основную структуру, которая отражала бы наиболее важные взаимодействия между рассматриваемыми пятью уровнями. Мы считали, что усложнение этой основной структуры, которое явилось бы отражением более детальных знаний о системе, могло быть осуществлено на более поздних стадиях, после того как будет сформировано представление о механизмах функционирования простой основной структуры.

2. Затем мы записали каждое соотношение в количественном виде с максимально доступной точностью, пользуясь глобальными данными в тех случаях, когда они имелись в наличии, и характерными локальными данными в тех случаях, когда соответствующие глобальные измерения не проводились.

3. При помощи компьютера мы произвели расчет совместного поведения всех этих соотношений во времени. Затем для выявления факторов, по отношению к которым поведение системы наиболее чувствительно, варьировали числовые значения параметров основных предположений, заложенных в модель, и смотрели, каким образом изменение этих значений оказывается на поведении системы.

4. И наконец, мы исследовали влияние на рассматриваемую глобальную систему различных стратегий развития, предлагаемых в настоящее время в качестве средств для улучшения или изменения поведения системы.

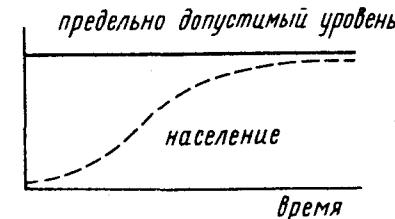
Эти этапы выполнялись не строго один за другим, так как часто возникали ситуации, когда получение на каком-либо более позднем этапе новой информации заставляло нас возвращаться назад и менять основную структуру контуров обратных связей. Не существует одной раз и навсегда фиксированной модели мира, а есть эволюционирующая модель,

которая постоянно подвергается критике и обновляется по мере расширения нашего собственного понимания механизмов функционирования системы.

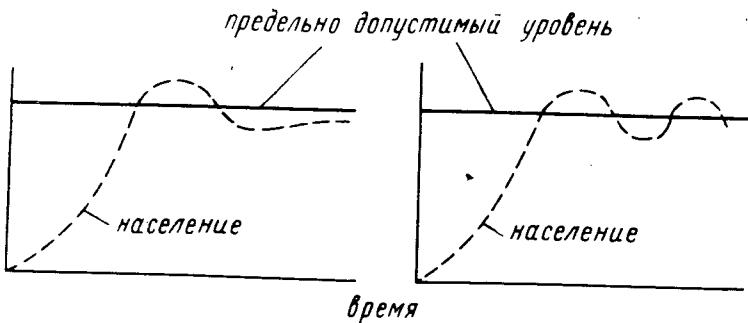
Ниже приводится краткое описание самой модели, цели ее создания и границ области ее возможного использования, наиболее существенных контуров обратных связей, а также тех общих процедур, которыми мы пользовались при определении числовых значений параметров причинно-следственных соотношений.

ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ МИРА

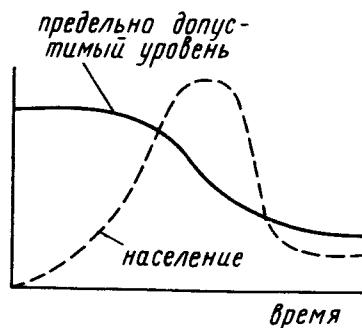
При создании этой простой модели мира нас интересовали лишь наиболее общие режимы поведения во времени системы "население - капитал". Под термином "режимы поведения" мы понимаем основные тенденции изменения во времени переменных системы (например, численности населения или величины загрязнения окружающей среды). Переходная может возрастать, убывать, оставаться постоянной, испытывать колебания или участвовать сразу в нескольких таких характерных режимах поведения. Так, например, растущее в ограниченной среде население может приближаться к предельно допустимому в этой среде уровню несколькими возможными путями. Оно может плавно перейти в равновесное состояние, которое будет находиться ниже предельно допустимого в этой среде уровня, путем постепенного снижения темпа своего роста, как показано на приведенном ниже рисунке.



Оно может превысить предельно допустимый уровень и затем снова вернуться к равновесному состоянию либо плавным образом, либо через затухающие колебания, как это показано на приведенных ниже рисунках.



Или оно может превысить предельно допустимый уровень и тем самым вызвать падение самого предельно допустимого уровня из-за перерасхода некоторых необходимых невозобновимых ресурсов, как показано на приведенной ниже диаграмме. Такое поведение отмечалось во многих природных системах. Например, популяция оленей или диких коз в условиях отсутствия их естественных врагов разрастается, уничтожает в зоне своего обитания такое количество растительности, которое превышает предельно допустимую величину и тем самым вызывает эрозию или полное разрушение растительного мира [28].



Основной целью построения модели мира было выявление среди этих режимов поведения наиболее характерных для мировой системы в период ее выхода на пределы роста, конечно, при условии, что эти режимы вообще будут пригодны для описания этой системы. Процесс такого выявления режимов поведения системы является "предсказанием" лишь в самом ограниченном смысле этого слова. Выданные компьютером графики, которые будут приведены в следующих разделах книги, показывают численность населения мира,

иные запасы капитала и другие переменные в интервале от 1900 до 2100 года. Эти графики не есть точные предсказания будущих значений переменных в каждом конкретном случае. Они показывают лишь тенденции поведения системы.

Различия между степенями "предсказания" лучше всего иллюстрировать на простом примере. Если вы бросите мяч в воздух прямо над собой, то можете с определенностью предсказать его поведение в общем виде. Он будет подниматься с уменьшающейся скоростью, затем изменит направление движения и начнет падать вниз с растущей скоростью тех пор, пока не ударится о землю. Вы знаете, что он не будет подниматься бесконечно, не начнет вращаться по орбите вокруг Земли и не совершил в воздухе три круга перед тем, как упадет на землю. Именно такое понимание основного характера режимов поведения системы мы ищем с помощью рассматриваемой модели мира. Если бы было необходимо точно предсказать, на какую высоту поднимется мяч и в каком точно месте и в какое время он ударится о землю, то потребовалось бы произвести детальный расчет на основе точных данных о мяче, высоте места нахождения над уровнем моря, силе и направлении ветра и силе начального броска. Аналогичным образом, если бы нам было необходимо предсказать численность населения в 1993 году с точностью в несколько процентов, нам потребовалась бы гораздо более сложная модель, чем та, которая описана здесь. Нам также потребовалась бы более точная и всесторонняя информация о мировой системе, чем та, которой мы располагаем в настоящее время.

Так как на данном этапе нас интересуют лишь наиболее общие режимы поведения системы, эта первая модель мира может и не быть чрезмерно детализированной. Так, мы рассматриваем единое общее население - такое население, которое статистически отражает средние характеристики населения всего шара. Мы рассматриваем единый вид загрязнителей окружающей среды - семейство длительно селяющихся и имеющих глобальную географию загрязнителей, таких как свинец, ртуть, асбест, стойкие пестициды и радиоизотопы, чье динамическое поведение в экосистеме мы еще начинаем понимать. Мы строим графики для единого общего ресурса, который представляет собой объединение всех невозобновимых ресурсов, хотя отдаем себе отчет, что каждый отдельный ресурс будет иметь свою собственную

общую динамическую картину со своим специфическим уровнем и темпом роста.

Такой высокий уровень агрегирования необходим на данном этапе для того, чтобы модель оставалась достаточно простой и доступной для понимания, но одновременно он ограничивает и информацию, на получение которой мы можем рассчитывать в ходе работы с моделью. Модель не может дать ответы на детальные вопросы просто потому, что она пока не содержит соответствующих деталей. Границы между государствами не рассматриваются. Неравномерное распределение продуктов питания, ресурсов и капитала учитывается, но не рассчитывается в явном виде и не печатается на графиках при выдаче результатов моделирования. В модели нет специальных блоков, рассчитывающих мировые балансы торговли, миграционные процессы, формирование климата и политические процессы. Для изучения поведения этих подсистем могут быть построены, и мы надеемся, что будут построены, другие модели*.

Можно ли вообще что-нибудь узнать при помощи настолько сильно агрегированной модели? Можно ли считать полученные с ее помощью результаты имеющими смысл? Для точного предсказания эти результаты являются бессмысленными. Мы не можем получить прогноз точных значений ни для численности населения Соединенных Штатов Америки, ни для ВНП Бразилии, ни даже для суммарного мирового производства продуктов питания в конкретном 2015 году. Информация, с которой нам приходится работать, конечно же, недостаточна для получения таких прогнозов, даже если бы мы ставили это своей целью. Но, с другой стороны, жизненно важным представляется понимание причин роста в человеческом обществе, пределов роста и поведения наших социально-экономических систем при подходе к этим пределам. Знания человека о режимах поведения таких систем являются чрезвычайно неполными. Например, сейчас неизвестно, будет ли численность населения и дальше расти, или она постепенно выйдет на какой-то постоянный уровень, будет ли колебаться около некоторого верхнего предела или резко сократится. Мы уверены, что использование агрегиро-

* Мы сами в ходе проведения этого исследования построили много подмоделей для изучения динамики более детальных процессов, лежащих в основе каждого сектора модели мира. Перечень этих исследований приводится в Приложении.

ванной модели мира является одним из подходов к поиску ответов на такие вопросы. В модели используются самые основные соотношения между численностью населения, производством продуктов питания, инвестициями, амортизацией капитала, ресурсами, объемом выпускаемой продукции - соотношения, которые являются одними и теми же для всего мира, одними и теми же как для любой части человеческого общества, так и для всего общества в целом. В действительности, как мы отмечали в начале книги, есть даже определенные преимущества рассмотрения таких вопросов по возможности в наиболее широком пространственно-временном диапазоне. А вопросы, относящиеся к более детальным процессам, к отдельным странам, а также к краткосрочным аспектам функционирования системы, намного разумнее рассматривать уже после того, как будет сформировано понимание общих режимов поведения и пределов роста системы.

СТРУКТУРА, СОСТОЯЩАЯ ИЗ КОНТУРОВ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ

В главе I рассматривались диаграммы контуров обратных связей, порождающих рост численности населения и затрат капитала. На рисунке 23 эти диаграммы воспроизведены повторно.

Полезно еще раз рассмотреть соотношения, представленные диаграммой на рисунке 23. Каждый год население отличается на величину суммарного количества родившихся и уменьшается на величину суммарного количества умерших в течение этого года. Абсолютное количество рождений в год является функцией двух величин - средней рождаемости населения и суммарной численности населения. Количество смертей в год определяется средней смертностью населения и его общей численностью. Пока количество рождений превышает количество смертей, население растет. Аналогичным образом заданный объем производственного капитала при работе с постоянной производительностью будет ежегодно давать определенное количество выпускаемой продукции. Часть ее составят новые заводы, машины и т.д., которые представляют собой инвестиции и пополняют запасы капитала. Одновременно часть промышленного оборудования ежегодно амортизируется или выбывает из производства.

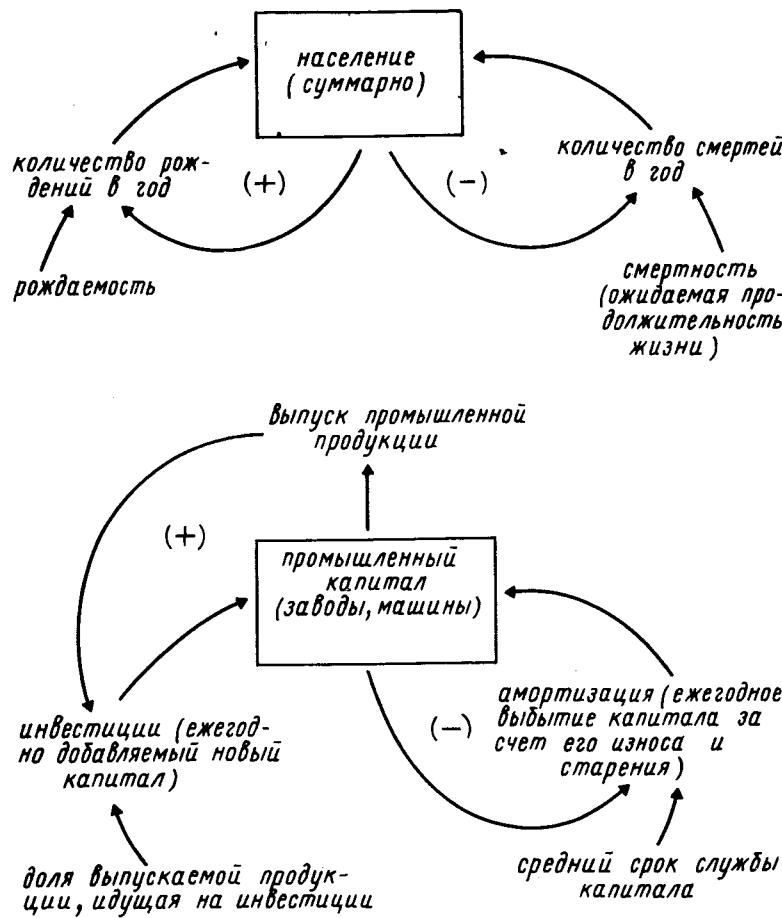


Рисунок 23
КОНТУРЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ РОСТА
НАСЕЛЕНИЯ И РОСТА КАПИТАЛА

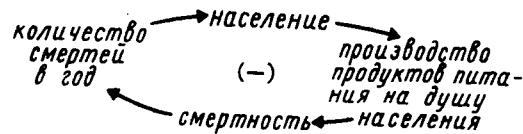
Занимающие центральное место в модели мира контуры обратной связи управляют ростом населения и промышленного капитала. Два контура положительной обратной связи - один, определяющий количество рождений в год, другой, определяющий инвестиции, - генерируют экспоненциальный рост населения и капитала. Два контура отрицательной обратной связи - один, определяющий количество смертей в год, другой, определяющий амортизацию капитала, - действуют в качестве регуляторов этого экспоненциального роста. Относительная сила разных контуров зависит от множества других факторов мировой системы

Чтобы промышленный капитал продолжал расти, темп инвестирования должен превышать темп амортизации.

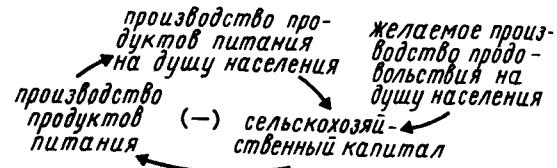
На всех потоковых диаграммах, аналогичных показанной на рисунке 23, стрелки указывают лишь на то, что одна переменная влияет на другую. Природа и степень влияния на этих диаграммах не показаны, хотя, конечно, при записи уравнений модели эти соотношения должны быть представлены в количественном выражении. Исходя из соображений простоты потоковых диаграмм, мы часто не показываем на них наличие у части причинных связей запаздываний между причиной и следствием. Но при проведении модельных расчетов все запаздывания присутствуют в явном виде.

Население и капитал влияют друг на друга разными способами, некоторые из них показаны на рисунке 24. Часть выпускаемой посредством промышленного капитала продукции представляет собой сельскохозяйственный капитал, например трактора, ирригационные каналы, удобрения. Объем сельскохозяйственного капитала и величина площадей возделываемых земель оказывают сильное влияние на объем производимой сельскохозяйственной продукции. Производство продуктов питания на душу населения (произведенный объем продуктов питания, деленный на численность населения) влияет на людскую смертность. Как промышленная, так и сельскохозяйственная деятельность может быть причиной загрязнений окружающей среды. (В случае сельского хозяйства, большую часть загрязнителей составляют остатки пестицидов, удобрений, которые снижают содержание кислорода в водоемах, а также ведут к скоплению солей в почве вследствие неправильного проведения ирригационных работ.) Загрязнение окружающей среды может сказываться на смертности населения непосредственно, а также опосредованно, через снижение производства сельскохозяйственной продукции [29].

На рисунке 24 показаны несколько наиболее важных контуров обратных связей. Увеличение численности населения приведет к снижению производства продуктов питания на душу населения (при условии, что все остальные переменные системы не изменяются) и, следовательно, к увеличению смертности, далее к увеличению количества умерших и в конечном итоге - к уменьшению численности населения. Этот контур отрицательной обратной связи показан на приведенной ниже диаграмме:



Еще один контур отрицательной обратной связи (показанный ниже) стремится противостоять действию предыдущего контура. Если производство продуктов питания на душу населения уменьшается до значения, меньшего по сравнению с тем уровнем, какой население желает иметь, появляется стремление увеличить объем сельскохозяйственного капитала, чтобы в будущем стало возможным *увеличение* производства продуктов питания как валового, так и на душу населения.



На рисунке 25 показаны другие важные соотношения, включенные в модель мира. Эти соотношения связывают население, промышленный капитал, капитал сектора услуг и ресурсы.

Часть продукции промышленного производства составляют товары, используемые в качестве капитала в секторе услуг - дома, школы, больницы, банки, а также установленное в них оборудование. Объем производимых на базе этого капитала услуг, деленный на численность населения, дает усредненное значение производства услуг на душу населения. Этот показатель определяет уровень системы здравоохранения и, следовательно, смертность населения. В сектор услуг входят помимо этого система образования и система изучения и разработки методов контроля над рождаемостью, а также система распространения информации, связанной с вопросами контроля над рождаемостью, и система обеспечения населения противозачаточными средствами. Таким образом, производство услуг на душу населения оказывает влияние на рождаемость.

Изменение выпуска промышленной продукции на душу населения также оказывает заметное влияние (хотя обыч-

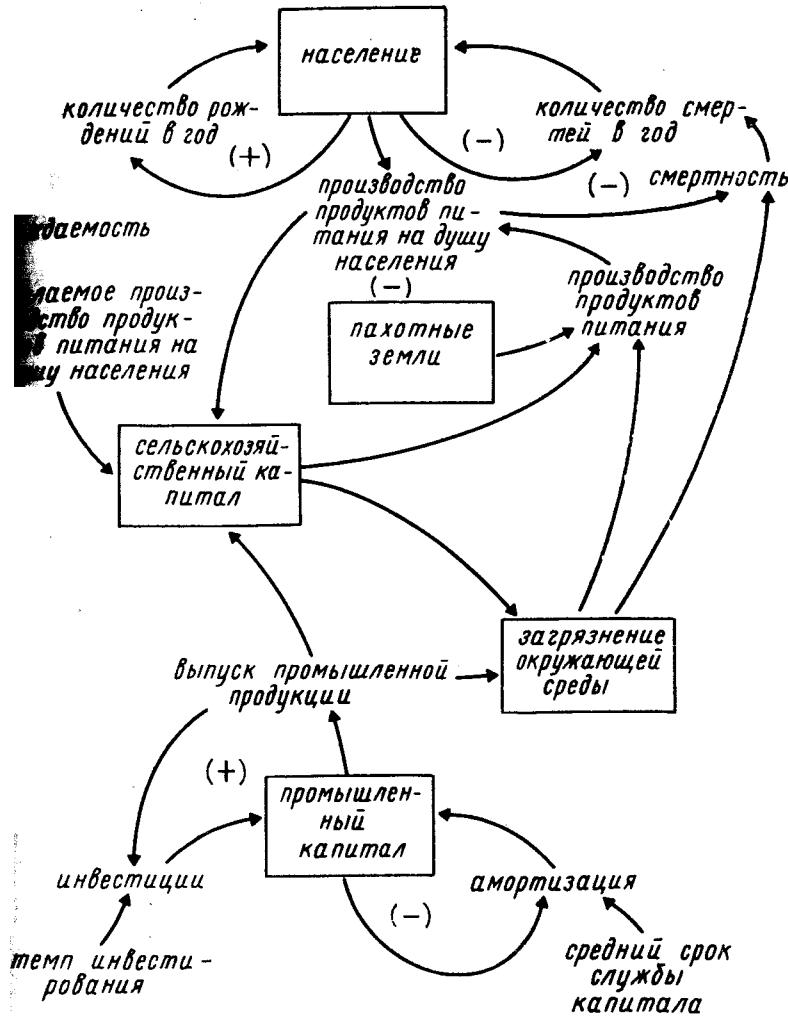


Рисунок 24
КОНТУРЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НАСЕЛЕНИЯ, КАПИТАЛА,
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И
ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Часть взаимосвязей между населением и промышленным капиталом зависит от объемов сельскохозяйственного капитала, площадей обрабатываемых земель и степени загрязнения окружающей среды. На диаграмме стрелка указывает на наличие причинной связи, которая может быть с запаздыванием или без запаздывания, может быть сильной или слабой, положительной или отрицательной, в зависимости от тех предположений, которые лежат в основе каждого отдельного компьютерного расчета

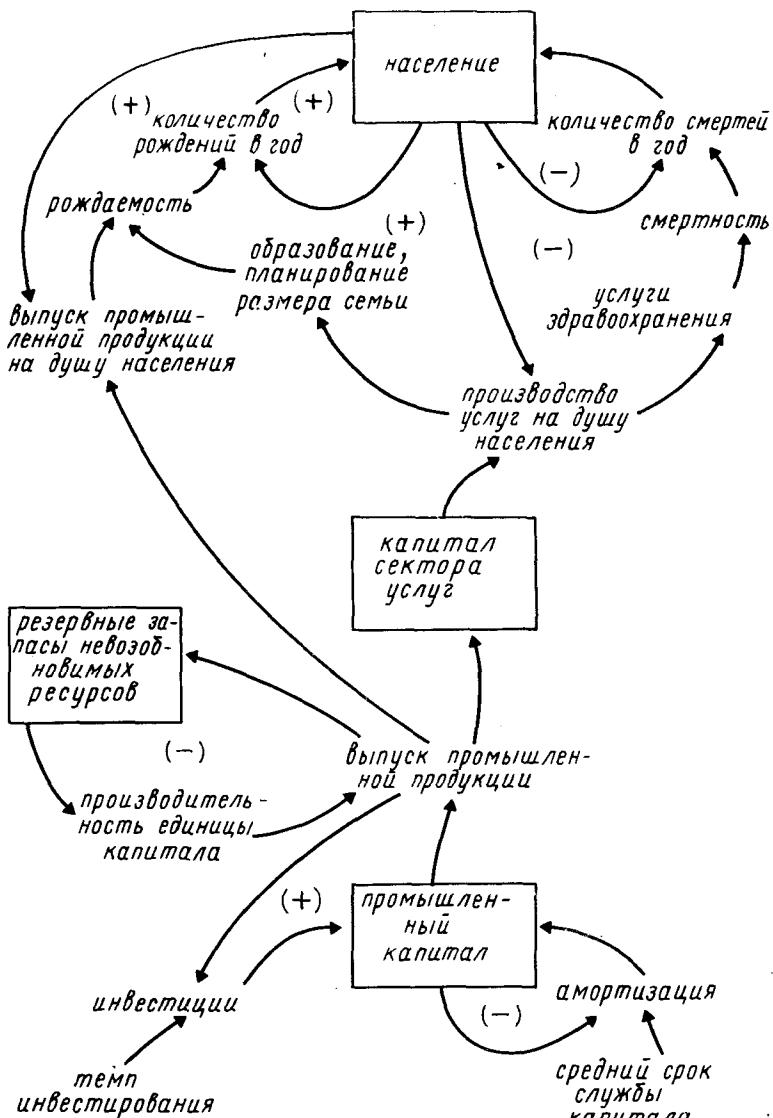


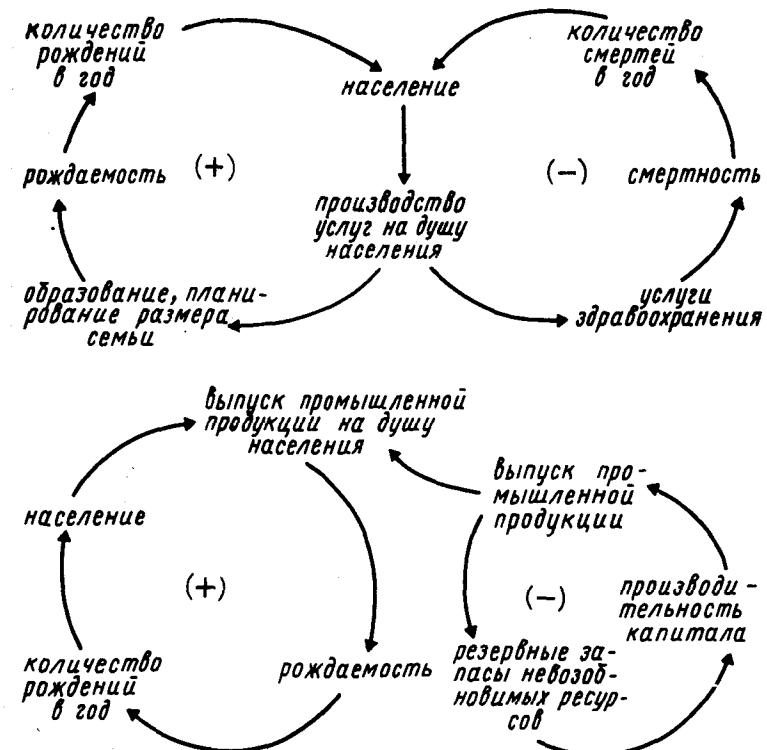
Рисунок 25
КОНТУРЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ
НАСЕЛЕНИЯ, КАПИТАЛА,
УСЛУГ И РЕСУРСОВ

Численность населения и объем промышленного капитала также зависят от объема капитала сектора услуг, таких как услуги системы здравоохранения или образования, и от суммарных запасов невозобновимых ресурсов

о после длительного запаздывания) на многие социальные факторы, которые в свою очередь оказывают влияние на ожидаемость.

На выпуск каждой единицы продукции промышленного производства расходуется определенное количество невозобновимых ресурсов из резервных запасов. По мере постепенного снижения резервных запасов добыча одного и того же объема ресурсов из земных недр требует все более крупных затрат капитала и, таким образом, приводит к снижению производительности капитала, т.е. к необходимости использования всевозрастающих объемов капитала для производства заданного объема конечной продукции.

Ниже показаны наиболее важные контуры обратной связи, взятые из рисунка 25:



Показанные на рисунках 24 и 25 соотношения характерны для многих включенных в модель мира взаимозависимых контуров обратных связей. В другие контуры обратных связей попадают такие факторы, как размер площадей

обрабатываемых земель, темпы роста этих площадей или темпы их эрозии, темпы загрязнения окружающей среды и нейтрализации этого загрязнения природными системами, а также баланс между численностью рабочей силы и количеством имеющихся рабочих мест. На рисунке 26 представлена вся модель мира, включающая в себя все эти факторы и многие другие.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

Каждая из стрелок на рисунке 26 определяет некоторое общее соотношение, которое играет важную роль или потенциально способно играть важную роль в системе "население - капитал". Представленная структура в действительности является достаточно общей и может быть также использована для описания отдельной страны или даже отдельного города (с добавленными к ней миграционными и торговыми потоками). В случае использования этой структуры для описания какой-либо отдельной страны нам потребовалось бы для каждого ее соотношения задать такие численные значения параметров, которые соответствовали бы именно этой стране. При описании мира эти значения должны отражать усредненные характеристики всего мира в целом.

В реальном мире большинство причинных воздействий нелинейно. Это означает, что некоторое определенное изменение переменной величины, являющейся причиной (как, например, увеличение на 10 % производства продуктов питания на душу населения), может оказывать неодинаковое воздействие на другую переменную величину (например, ожидаемую продолжительность жизни), и это воздействие будет зависеть от того, в какой конкретной точке возможного диапазона изменения находится вторая переменная величина в момент осуществления этого воздействия. Например, если можно показать, что увеличение на 10 % производства продуктов питания на душу населения приводит к увеличению ожидаемой продолжительности жизни на 10 лет, то отсюда не обязательно следует, что увеличение производства продуктов питания на 20 % приведет к увеличению ожидаемой продолжительности жизни на 20 лет. Рисунок 27 иллюстрирует нелинейность соотношения между производством продуктов питания на душу населения и средней продолжительностью жизни. Если производство продуктов питания низко,

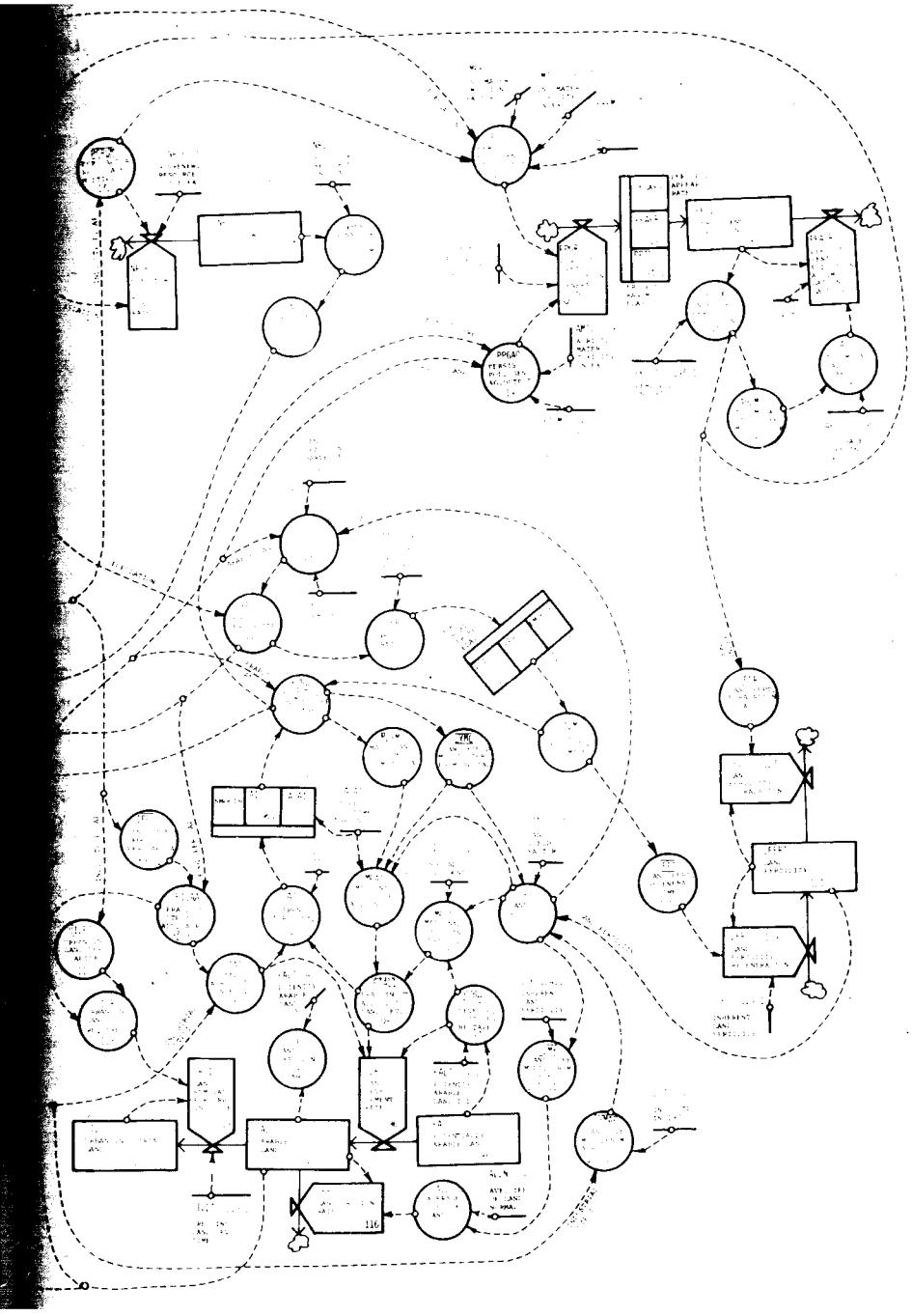
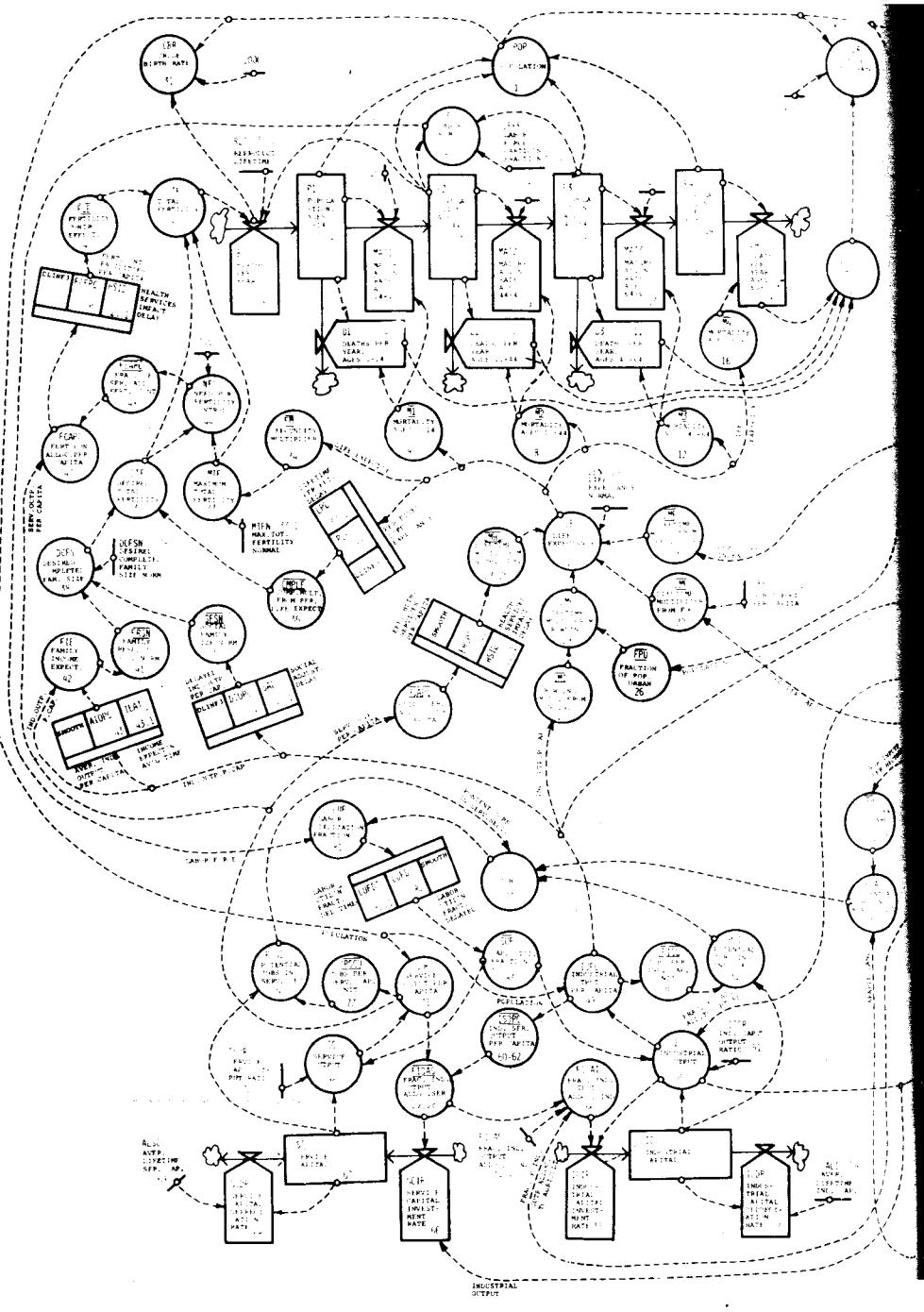
его небольшое увеличение может вызвать большое увеличение средней продолжительности жизни населения. Но если производство продуктов питания является достаточным, то дальнейшее увеличение будет иметь слабый эффект или даже отсутствует. В модели мира непосредственно используются нелинейные соотношения такого типа*.

Представления об имеющихся в мире причинных соотношениях варьируются в диапазоне от полного незнания до чрезвычайно высокой степени определенности. Используемые в модели мира соотношения попадают в среднюю часть шкалы определенности. Мы располагаем некоторыми знаниями направления и силе причинных воздействий, но весьма редко имеем полную и точную информацию о них. Иллюстрацией того подхода, который мы использовали, находясь в том среднем диапазоне шкалы неопределенности, могут служить примеры задания количественных значений параметров для трех соотношений, включенных в модель мира. Одно из соотношений связывает экономические переменные и относительно хорошо изучено; другое включает социально-психологические переменные, которые хорошо изучены, но трудно поддаются численному описанию; третье соотношение связывает биологические переменные, которые пока еще почти совершенно не изучены. Хотя эти три примера ни в коей мере не могут претендовать на полное описание модели мира, они хорошо иллюстрируют наши рассуждения при ее конструировании и количественном описании.

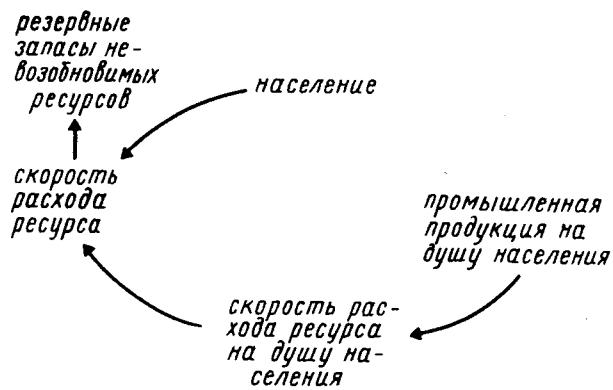
ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕСУРСА НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ

Что будет происходить со спросом на невозобновимые ресурсы по мере роста численности населения и запасов капитала? Величина ежегодного потребления ресурса может быть вычислена путем умножения численности населения на величину скорости потребления ресурса на душу населения. Конечно, скорость потребления ресурса на душу населения не является постоянной. По мере того как население становится более богатым, оно стремится увеличить годовое потребление ресурса на душу населения. Ниже приводится по-

* В представленных на рисунке 27 данных не учтены поправки на изменения других факторов, таких, как уровень развития системы здравоохранения.



токовая диаграмма, показывающая соотношение между населением, скоростью потребления ресурсов на душу населения и богатством (измеряемым показателем выпуска промышленной продукции на душу населения), с одной стороны, и скоростью потребления ресурса, с другой стороны.



Соотношение между богатством (выпуском промышленной продукции на душу населения) и спросом на ресурс (скоростью расходования ресурса на душу населения) задается нелинейной кривой, показанной на рисунке 28. На этом рисунке расходование ресурса выражено в терминах среднего мирового потребления его на душу населения в 1970 году, которое принято за единицу. Так как средний мировой выпуск промышленной продукции на душу населения в 1970 году составил около 230 долларов [30], мы знаем, что кривая

Рисунок 26
МОДЕЛЬ МИРА

Здесь представлена модель мира целиком в виде потоковой диаграммы с использованием формальных обозначений, принятых в системной динамике. Уровни, или физические величины, которые могут быть непосредственно изменены, обозначены прямоугольниками, скорости, которые влияют на эти уровни, - вентилями, и вспомогательные переменные, которые входят в качестве определяющих факторов в уравнения для скоростей, - окружностями. Временные запаздывания обозначены разделенными на несколько секций прямоугольниками. Реальные потоки людей, товаров, денег, и т.п. обозначены сплошными стрелками, а причинные соотношения - пунктирными стрелками. Символом облака обозначены источники и стоки, которые не являются существенными и не оказывают влияния на поведение модели.

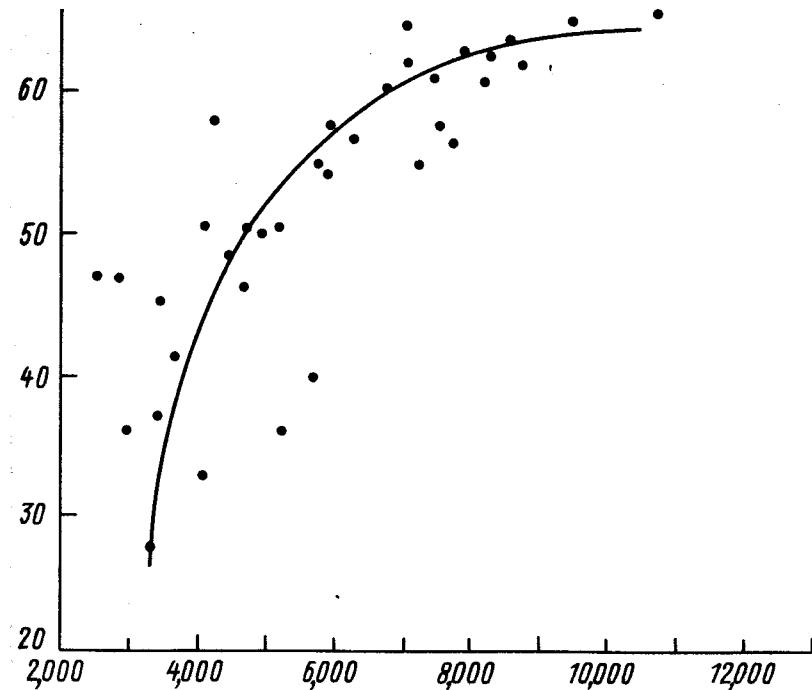


Рисунок 27
УРОВЕНЬ ПИТАНИЯ И ОЖИДАЕМАЯ
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ

Ожидаемая продолжительность жизни является нелинейной функцией уровня получаемого населением питания. На этом графике уровень питания задается в эквиваленте растительных калорий. Калории, получаемые от потребления животных продуктов, таких, как мясо или молоко, умножаются на множитель перехода, приблизительно равный 7 (так как для получения калории за счет пищи животного происхождения требуется приблизительно 7 калорий пищи растительного происхождения). Из-за того что продукты питания животного происхождения являются более ценными для поддержания жизни человека, такой способ оценки калорийности отражает как количество, так и качество продуктов питания. Каждая точка на графике показывает соотношение между средней ожидаемой продолжительностью жизни и уровнем питания в отдельной стране в 1953 году.

Источники: М. Чепед, Ф. Хоутарт и Л. Гронд. Население и продовольствие (M. Cepede, F. Houtart and L. Grond, Population and Food, New York: Sheed and Ward, 1964).

По вертикальной оси - число лет ожидаемой продолжительности жизни мужчин; по горизонтальной оси - уровень питания (выраженный в эквиваленте растительных калорий).

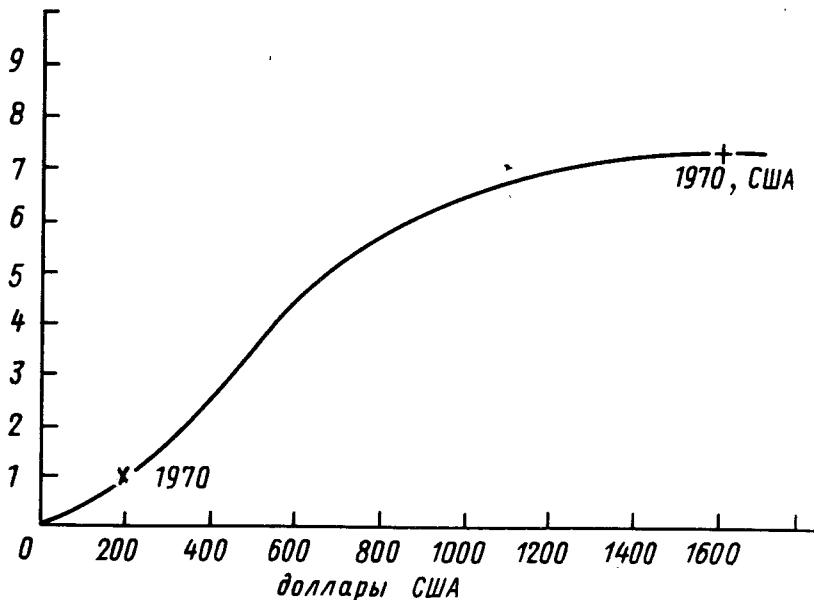


Рисунок 28
ВЫПУСК ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ НА душу
НАСЕЛЕНИЯ И РАСХОДОВАНИЕ
РЕСУРСОВ

Постулируемое модельное соотношение между потреблением ресурсов на душу населения и выпуском промышленной продукции на душу населения имеет форму латинской буквы "S". В неразвитых в промышленном отношении странах потребление ресурсов находится на очень низком уровне, так как большая часть производимой продукции приходится на сельское хозяйство. По мере роста уровня промышленного развития кривая потребления невозобновимых ресурсов круто поднимается вверх и затем при очень высокой скорости их расхода выравнивается, становясь почти горизонтальной. Точка «x» соответствует средней мировой скорости расходования ресурсов в 1970 году; точка «+» соответствует средней скорости расходования ресурсов в США в 1970 году. На горизонтальной оси показаны две шкалы измерения потребления ресурсов: первая - в терминах выпуска промышленной продукции на душу населения, вторая - в терминах ВНП на душу населения.

По горизонтальной оси - выпуск промышленной продукции в долларах США на человека в год; по вертикальной оси - расход ресурсов на душу населения в год (отношение к среднему мировому значению в 1970 году)

на проходит через точку, отмеченную знаком «x». В 1970 году средний выпуск промышленной продукции на душу населения в США составил около 1600 долларов, а среднестатистический житель страны потреблял ресурса приблизительно в 7 раз больше по сравнению со средним мировым потреблением [31]. Точка на кривой, которая отражает уровень потребления ресурса в США, обозначена знаком «+». Мы предполагаем, что по мере экономического развития остального мира изменение потребления ресурсов в нем будет проходить в основном по аналогии с тем, как это было в А: сначала резкий подъем кривой с ростом выпуска промышленной продукции на душу населения, за которым следует выход на горизонтальную прямую. Подтверждением реальности этого предположения может служить существующая на сегодня картина распределения мирового потребления стали (рисунок 29). Хотя имеются некоторые различия между кривой потребления стали и общим видом кривой на рисунке 28, в целом обе они согласуются друг с другом даже в словесных выражениях существующих экономических и политических различий представленных стран.

Еще одним подтверждением общей формы кривой потребления ресурсов служит история потребления стали и металлов в США, показанная на рисунке 30. По мере роста среднего дохода на одного человека увеличивается расходование всех видов ресурсов, причем сначала резко, а затем более медленно. Заключительный выход на горизонтальную прямую отражает средний уровень насыщения материальными ценностями. Дальнейшее увеличение доходов идет в основном на приобретение услуг, которые являются менее ресурсоемкими.

Показанная на рисунке 28 кривая расходования ресурсов, имеющая форму латинской буквы "S", включена в модель мира только в качестве описания существующей на сегодня стратегии расходования ресурсов. Вид этой кривой можно изменить в любой момент времени, прервав имитационные расчеты по модели, и можно исследовать последствия внесения в систему этих изменений (таких, например, как повторное производство ресурсов из отходов), которые могут либо увеличить, либо уменьшить потребляемый одним человеком объем невозобновимых ресурсов. Фактические компьютерные расчеты, которые будут рассмотрены в следующих разделах книги, являются иллюстрациями последствий изменения таких стратегий.

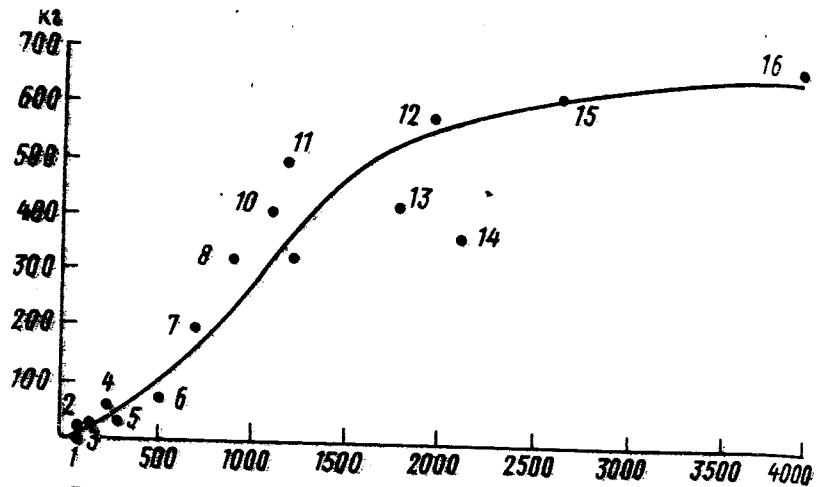


Рисунок 29

МИРОВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ СТАЛИ И ВНП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ

В 1968 году распределение потребления стали на душу населения по разным странам мира имеет в общем виде S-образную форму, как на рисунке 28.

Источники: Потребление стали приводится по данным Отдела экономических и социальных дел ООН. Статистический справочник за 1969 год (Statistical Yearbook 1969, New York: United Nations, 1970).

ВНП на душу населения приводится по данным Атласа всемирного банка (World Bank Atlas, Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development, 1970).

По вертикальной оси - мировое потребление стали на человека в 1968 году, кг; по горизонтальной оси - ВНП на душу населения в 1968 году (в долларах США); 1 - Индия; 2 - Китай; 3 - ОАР; 4 - Бразилия; 5 - Турция; 6 - Мексика; 7 - Испания; 8 - Польша; 9 - Италия; 10 - СССР; 11 - Япония; 12 - Западная Германия; 13 - Великобритания; 14 - Франция; 15 - Швеция; 16 - США

ЖЕЛАЕМЫЙ ТЕМП РОЖДАЕМОСТИ

Число рождений в год в любой популяции равно произведению числа женщин репродуктивного возраста на среднюю рождаемость (среднее количество рождений на женщины в год). Существует много факторов, оказывающих влияние на рождаемость в какой-либо популяции. Изучение этих

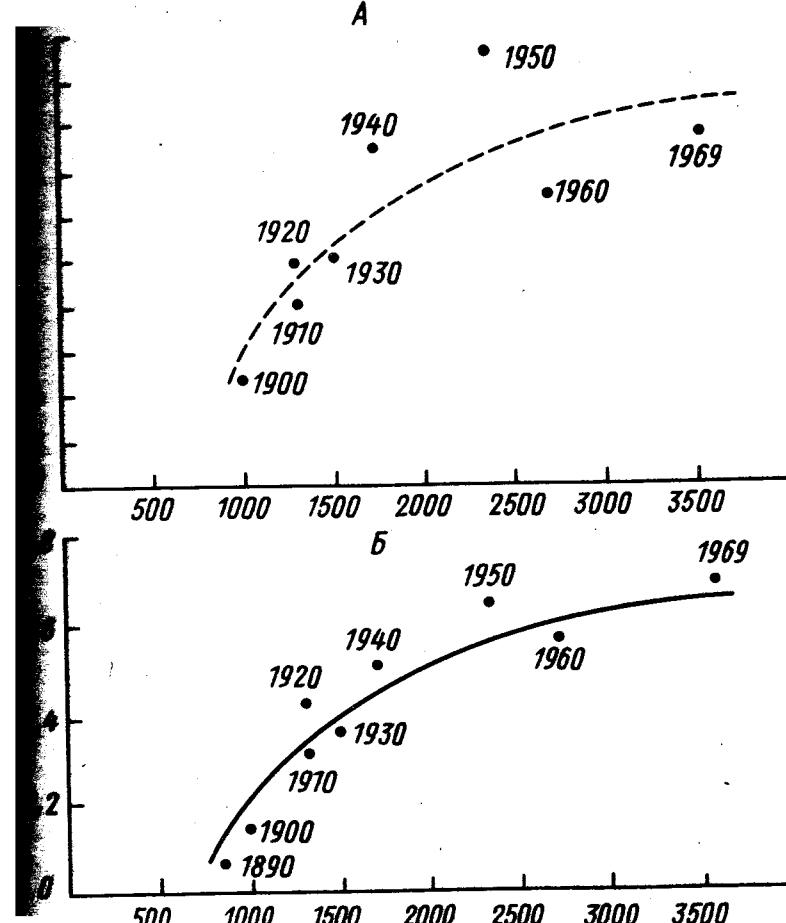


Рисунок 30

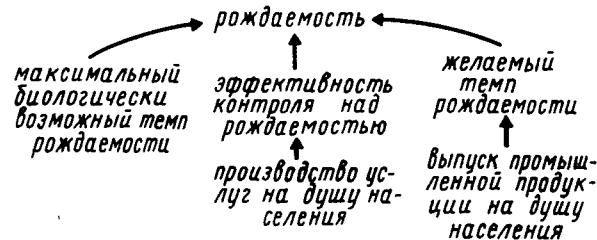
ПОТРЕБЛЕНИЕ СТАЛИ И МЕДИ В США И ВНП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ

Потребление стали и меди на душу населения в США прошло через период быстрого роста вместе с ростом суммарной производительности труда, смену которому пришел период значительно более медленного роста, начавшийся после того, как потребление вышло на относительно высокий уровень.

Источники: Потребление меди и стали приведено по данным Статистического справочника по металлам (Metal Statistics, Somerset, NJ: American Metal Market Company, 1970).

Численность населения и ВНП приведены по данным Департамента торговли США (US Economic Growth, Washington, DC: Government Printing Office, 1969).

факторов составляет предмет научной деятельности целой армии демографов со всего мира. В модели мира мы выделили три главные компоненты, определяющие рождаемость: максимальный биологически возможный темп, эффективность контроля над рождаемостью и желаемый темп рождаемости. Влияние этих компонент на рождаемость показано на приведенной ниже диаграмме:



Максимальный биологический возможный темп рождаемости - это такой темп, который имел бы место, если бы женщины не пользовались никакими методами регулирования рождаемости на протяжении всего репродуктивного периода их жизни. Этот темп определяется биологическими факторами и в основном зависит от общего состояния здоровья населения. *Желаемый темп рождаемости* - это такой темп рождаемости который имел бы место, если бы население могло осуществлять "идеальный" контроль над рождаемостью и имело только желаемых и запланированных детей. *Эффективность* контроля над рождаемостью определяет степень способности населения обеспечить приближение к желаемому темпу рождаемости и отход от максимального биологически возможного темпа рождаемости. Таким образом, понятие "контроль над рождаемостью" определяется в самом широком смысле и включает в себя любой из реально практикуемых населением методов регулирования количества детей, включая использование противозачаточных средств, аборты и половое воздержание. Следует подчеркнуть, что наличие идеальной эффективности контроля над рождаемостью *не предполагает низкой рождаемости*. Если желаемый темп рождаемости высокий, то высокий будет и сама рождаемость.

По вертикальной оси на А - потребление меди на человека в год, фунты; на Б - потребление стали на человека в год, тонны нетто; по горизонтальной оси на А и Б - ВНП на душу населения (в долларах 1958 года на человека в год)

Эти три влияющих на рождаемость фактора в свою очередь зависят от других факторов мировой системы. Рисунок 31 показывает, что в качестве одного из наиболее важных среди последних было бы правомерно взять уровень промышленного развития.

Во всех странах мира соотношения между темпом рождаемости и ВНП на душу населения удивительно схожи. В этом виде: чем выше становится ВНП, тем ниже падает темп рождаемости. Это соотношение, кажется, сохраняется, несмотря на религиозные, культурные или политические различия между странами. Конечно, мы не можем на основании только этого рисунка делать вывод о том, что увеличение ВНП на душу населения непосредственно является причиной снижения темпа рождаемости. Однако очевидно, что преобразования в области системы социального обслуживания и образования, которые в конце концов приводят к снижению темпа рождаемости, связаны с растущим уровнем промышленного развития, но реализуются, как обычно, лишь после длительного периода запаздывания.

В какой же части рассматриваемой структуры с обратными связями помещается соотношение между темпом рождаемости и ВНП на душу населения? Почти все имеющиеся в нашем распоряжении сведения указывают на то, что это соотношение не может действовать через непосредственное изменение максимального биологически возможного темпа рождаемости. Что бы там ни было, растущий уровень промышленного развития предполагает более высокий общий уровень здоровья населения и, таким образом, с ростом ВНП потенциально возможная рождаемость должна была бы возрасти. С другой стороны, с ростом ВНП также должна была бы возрасти эффективность контроля над рождаемостью. Этот факт, несомненно, вносит свой вклад в показанное на рисунке 31 снижение рождаемости. Однако мы полагаем, что основное влияние рост ВНП оказывает на желаемый темп рождаемости. Кривая на рисунке 32 является подтверждением этого положения: она показывает процент участников социальном опросе респондентов, которые высказали желание иметь более четырех детей, как функцию ВНП на душу населения. Общая форма этой кривой аналогична кривой на рисунке 31, за исключением небольшого увеличения желаемого размера семьи при высоких доходах.

Экономист Дж. Дж. Спенглер (J.J. Spengler) объясняет общую зависимость желаемого темпа рождаемости от доходов

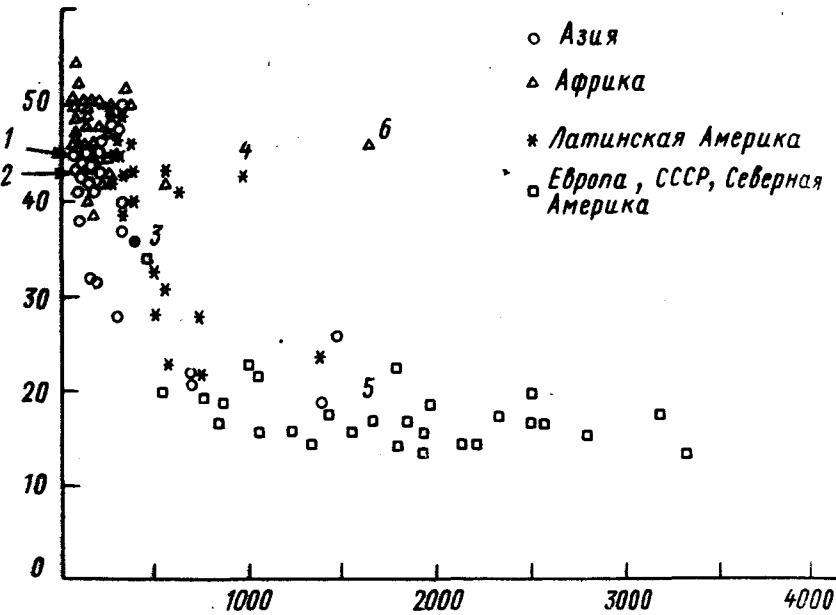


Рисунок 31

ТЕМПЫ РОЖДАЕМОСТИ И ВНП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ

Во всех странах мира наблюдается тенденция снижения темпов рождаемости с ростом ВНП на душу населения. Более половины населения земного шара попадает в левый верхний угол графика, где ВНП на душу населения ниже 500 долларов на человека в год и темпы рождаемости находятся в диапазоне от 40 до 50 рождений на 1000 человек в год. Два главных исключения из этой тенденции составляют Венесуэла и Ливия - страны - экспортёры нефти, где рост доходов произошел совсем недавно и распределение этих доходов чрезвычайно неравномерно.

Источник: Агентство США по международному развитию (Population Program Assistance, Washington, DC: Government Printing Office, 1970).

1 - Индия; 2 - Китай; 3 - средний мировой показатель; 4 - Венесуэла; 5 - СССР; 6 - Ливия. По горизонтальной оси - ВНП на душу населения в год (в долларах США)

в терминах экономических и социальных последствий роста уровня промышленного развития следующим образом [32]. Он считает, что любая семья сознательно или бессознательно взвешивает ценность каждого дополнительного ребенка, связанные с его появлением затраты и имеющиеся в наличии ресурсы, которые она может выделить на этого ребенка. В ходе такого взвешивания формируется общее представление о желаемом размере семьи, которое изменяется с ростом доходов, как это показано на рисунке 33.

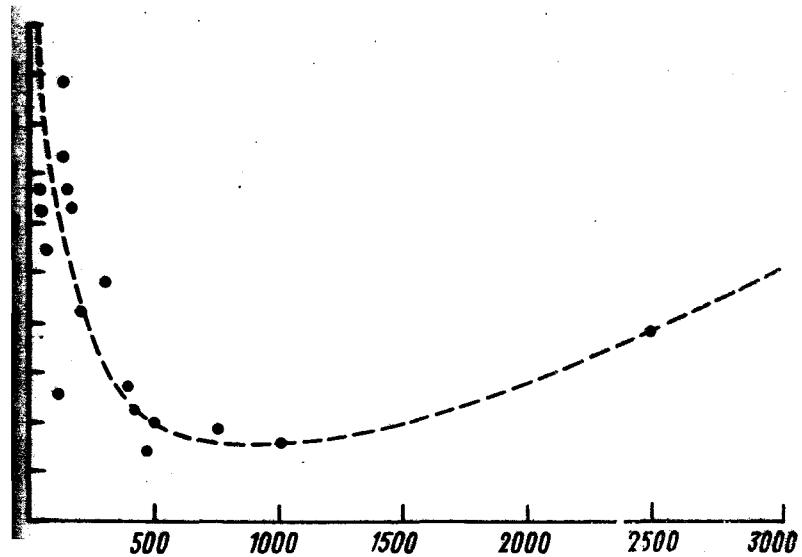


Рисунок 32

СЕМЬИ, ЖЕЛАЮЩИЕ ИМЕТЬ ЧЕТЫРЕХ ИЛИ БОЛЕЕ ДЕТЕЙ И ВНП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ

При проведении опроса населения в 17 странах мира о планировании размера семьи респонденты указывали, сколько детей они желали бы иметь. Потенциальная доля респондентов, желающих иметь большую семью (четырех и более детей), находится в таком соотношении со средним значением ВНП на душу населения, что эту зависимость вполне можно сравнить с тенденцией, данной на рисунке 31.

Источник: Бернард Берельсон и др. Планирование размера семьи и программы регулирования численности населения (Bernard Berelson et al. *On Planning and Population Programmes*, Chicago: University of Chicago Press, 1965).

По вертикальной оси - процент от всего населения; по горизонтальной - ВНП на душу населения (в долларах США на человека в год)

"Ценность" ребенка включает в себя денежные аспекты, такие, как вклад ребенка в бюджет семьи, когда он начнет работать на семейной ферме или семейном предприятии, и юридическом счете зависимость родителей в старом возрасте от финансовой помощи со стороны ребенка. Но по мере того, как страна становится более развитой в промышленном отношении, появление ограничивающего детский труд закона о труда, обязательного образования и системы социального обеспечения снижает потенциальную денежную "ценность" ребенка. Понятие "ценности" также включает в себя и

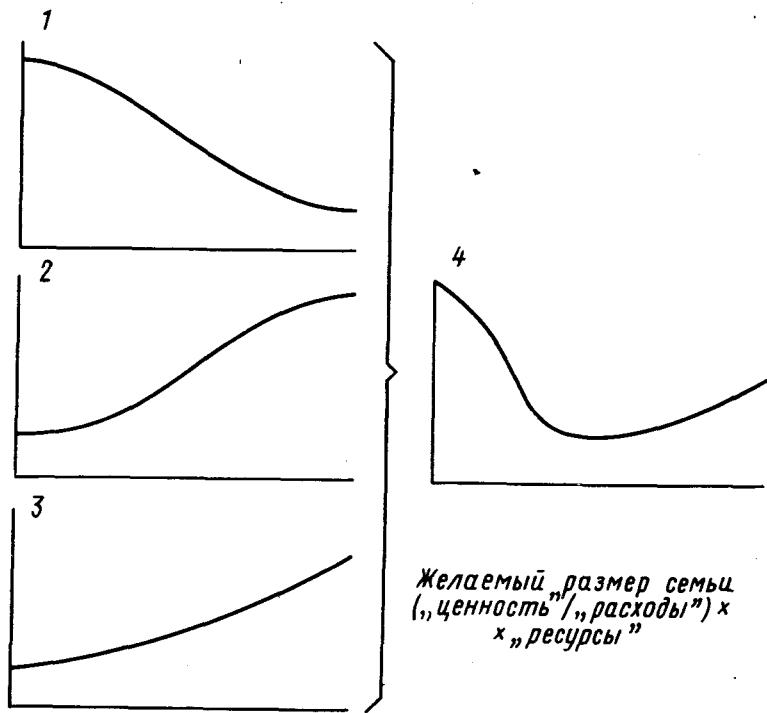


Рисунок 33

ЖЕЛАЕМЫЙ РАЗМЕР СЕМЬИ

Схематическое представление воздействия экономических факторов на размер семьи соответствует огрубленному анализу по методу затрат-результатов. Результирующая кривая суммирует баланс между "ценностью" детей, затратами на их содержание и расходами ресурсов в процессе их выращивания. Все три составляющие являются функциями растущего уровня промышленного развития. Результирующая кривая похожа на кривые, представленные на рисунках 31 и 32.

1 - "ценность" каждого ребенка; 2 - "затраты" на каждого ребенка; 3 - "ресурсы"; 4 - желаемый размер семьи. По горизонтальной оси - выпуск промышленной продукции на душу населения

нематериальные стороны восприятия ребенка родителями как объекта любви, продолжателя рода, наследника семейной собственности и доказательства мужской зрелости отца семейства. Всем этим аспектам придается большой вес в любом обществе, и, таким образом, выигрыш, связанный с появлением ребенка, всегда имеет положительное значение. Особенно большой вес придается этим аспектам ценности ребенка в бедных странах, где почти полностью отсутствуют другие

способы получения индивидуумом удовлетворения в процессе его жизнедеятельности.

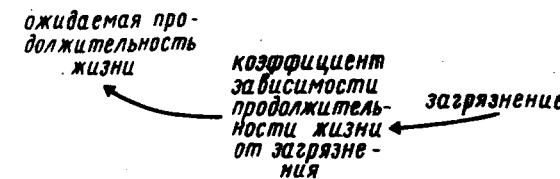
"Затраты" на ребенка включают в себя реальные финансовые средства, отложенные на обеспечение необходимых нужд ребенка, потерю возможных доходов, связанную с тем, что мать тратит свое время на уход за ним, а также возросший уровень ответственности и ограничение свободы семьи в целом. В неразвитом обществе, живущем в соответствии с местными традициями, затраты на ребенка чрезвычайно низки. При появлении ребенка к жилому помещению не добавляется дополнительная жилая площадь, почти отсутствуют образование и медицинское обслуживание, потребности в одежде и питании минимальны. Мать обычно не имеет образования и не считает сколько-нибудь ценным свое время. У семьи практически нет возможности заниматься чем-либо, чему ребенок мог бы стать помехой, а большая разветвленная семья как раз обеспечивает заботу о малолетних детях в случае необходимости, например когда один из родителей должен уйти из дома в поисках работы. Однако по мере увеличения дохода семьи детей начинают обеспечивать в большей степени, чем это необходимо для удовлетворения элементарных потребностей в одежде и питании. Им предоставляются лучшие жилищные условия и медицинское обслуживание, а образование становится одновременно и обязательным и дорогим. Путешествия, развлечения и работа становятся для матери реальной возможностью, что несовместимо с большим размером семьи. С ростом уровня промышленного развития разветвленная семейная структура имеет тенденцию к распаду, а наем посторонних людей для ухода за детьми стоит дорого.

В общем случае с ростом доходов семьи возрастают и "ресурсы", которые ей приходится выделять на каждого ребенка. При очень высоких доходах кривые "ценности" и "затрат" становятся почти инвариантными по отношению к дальнейшему росту доходов и доминирующему фактором, определяющим суммарный желаемый темп рождаемости, становится кривая ресурсов. Таким образом, в богатых странах, таких, как Соединенные Штаты Америки, желаемый размер семьи становится непосредственной функцией доходов. Необходимо отметить, что понятие "ресурсы" является частично психологическим понятием в том смысле, что при планировании размера семьи необходимо вносить поправку в текущий реальный доход, связанный с ожидаемым доходом в будущем.

Мы суммировали все эти социальные факторы в одной стрелке контура обратной связи, соединяющей выпуск промышленной продукции на душу населения с желаемым темпом рождаемости. Общий вид этого соотношения показан в правой части рисунка 33. Задавая такую связь, мы не хотим сказать, что рост доходов является единственным фактором, определяющим желаемый размер семьи, или даже является фактором, непосредственно влияющим на желаемый размер семьи. В действительности мы вводим запаздывание между выпуском промышленной продукции на душу населения и желаемым размером семьи, чтобы показать, что осуществление этого воздействия требует адаптации общества, которая может растянуться во времени на одно или два поколения. Еще раз напоминаем, что это соотношение может претерпеть изменения в результате реализации будущих новых стратегий развития или социальных преобразований. В своей существующей форме оно просто является отражением исторического поведения человеческого общества. Где бы ни наблюдалось экономическое развитие, оно всегда приводило к падению темпов рождаемости, и, наоборот, где его не было, темпы рождаемости продолжали оставаться высокими.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ

Мы включили в модель мира возможность моделирования воздействия загрязнения окружающей среды на ожидаемую продолжительность жизни населения Земли. Это соотношение задается путем введения "коэффициента зависимости продолжительности жизни от загрязнения окружающей среды", который умножается на величину продолжительности жизни, зависящую от других факторов (производства продуктов питания и медицинских услуг), и, таким образом, вносит поправку, связанную с ожидаемым влиянием загрязнения окружающей среды. Если уровень загрязнения окружающей среды достаточно велик и снижает ожидаемую продолжительность жизни до 90 % от ее значения в условиях полного отсутствия загрязнения, коэффициент будет равен 0,9. Связь между уровнем загрязнения окружающей среды и ожидаемой продолжительностью жизни показана на приведенной ниже диаграмме:



Информация о влиянии загрязнения окружающей среды на ожидаемую продолжительность жизни в глобальном масштабе весьма ограничена. Накопление информации по химическому воздействию на человека отдельных видов загрязнителей, таких как ртуть и свинец, происходит очень медленными темпами. Попытки статистически связать определенные концентрации загрязнителей со смертностью населения были предприняты только в отношении загрязнителей воздушного бассейна [33].

Хотя количественные подтверждения свидетельства по-
и отсутствуют, нет сомнения в том, что связь между загряз-
нением окружающей среды и здоровьем населения действи-
тельно существует. Приведем данные одного из последних
окладов Совета по качеству окружающей среды.

Имевшие место случаи серьезного загрязнения воздушного бассейна оказали, что оно может серьезно подорвать здоровье людей. Более глубокое изучение этих вопросов порождает целый поток убедительных доводов, свидетельствующих о том, что воздействие на человека загрязнителей в течение долгого времени, даже если оно осуществляется в малых дозах, может нанести ущерб его здоровью и быть причиной хронических заболеваний и преждевременной смерти, в особенности среди наиболее уязвимой для такого воздействия части населения - старииков и тех, кто уже страдает респираторными заболеваниями. Основные заболевания, связанные с загрязнением воздуха, - это миокардит легких, бронхит, астма и рак легких [34].

Каким образом скажется на продолжительности жизни людей увеличение уровня загрязнения окружающей среды по сравнению с существующим на сегодня уровнем? Мы не можем дать точный ответ на этот вопрос, но знаем, что *каким-то образом* оно скажется. Исключение из модели мира влияния загрязнения окружающей среды на ожидаемую продолжительность жизни было бы большей ошибкой, чем включение его в модель в соответствии с имеющейся в нашем представлении "наилучшей догадкой" о величине этого влияния. Наш подход к выработке "наилучшей догадки" объясняется ниже и иллюстрируется рисунком 34.

Если бы увеличение загрязнения окружающей среды в

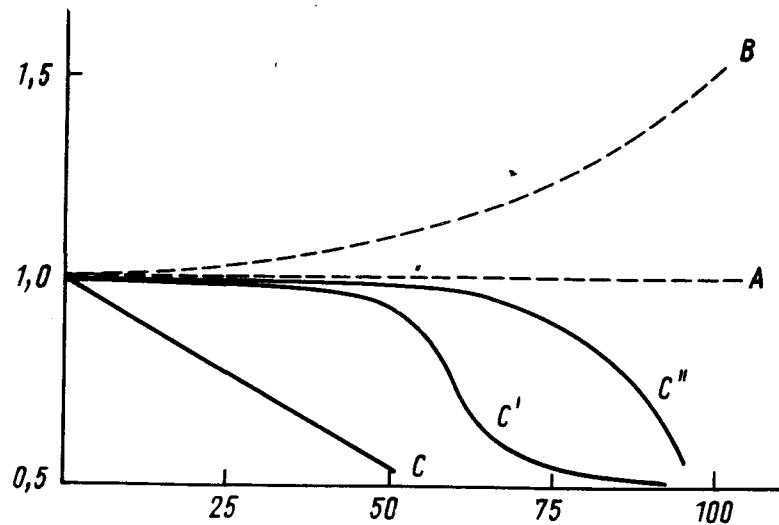


Рисунок 34

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ

Соотношение между уровнем загрязнения окружающей среды и средней продолжительностью жизни людей могло бы быть задано кривыми разной формы. Кривая А указывает на то, что загрязнение окружающей среды не оказывает никакого влияния на продолжительность жизни (нормальная ожидаемая продолжительность жизни умножается на 1,0). Кривая В означает увеличение продолжительности жизни с ростом загрязнения окружающей среды (нормальная продолжительность жизни умножается на число больше 1,0). Кривые С, С' и С'' отражают различные предположения о пагубном влиянии загрязнения окружающей среды на продолжительность жизни. Используемое в модели мира соотношение имеет форму кривой С''.

По вертикальной оси - коэффициент зависимости продолжительности жизни от загрязнения окружающей среды; по горизонтальной оси - средний уровень загрязнения окружающей среды

100 раз по сравнению с существующим глобальным уровнем не оказывало абсолютно никакого влияния на продолжительность жизни, тогда правильным представлением искомого соотношения была бы показанная на рисунке 34 прямая линия А. Ожидаемая продолжительность жизни в этом случае была бы не зависящей от загрязнения окружающей среды. Конечно, реальность кривой А представляется весьма маловероятной, так как мы знаем, что многие виды загрязнения окружающей среды наносят вред человеческому организму.

Кривая В, или любая другая, подобная ей, которая поднимается над кривой А, еще менее вероятна, так как означала бы, что дополнительное загрязнение окружающей среды увеличивает среднюю продолжительность жизни. Мы можем ожидать, что связь между загрязнением окружающей среды и продолжительностью жизни будет отрицательной, хотя и не знаем точно, какую форму или какой наклон будет иметь выражющая эту связь кривая. Правильным представлением этой связи может оказаться любая из кривых, отмеченных буквой С, или какая-либо иная убывающая кривая.

Наш подход в случае, аналогичном этому, заключается в том, что мы берем несколько разных вариантов вероятного влияния одной переменной на другую и затем для каждого из этих вариантов проводим расчеты на модели. Если поведение модели очень чувствительно к малым изменениям формы кривой, то перед включением этой зависимости в модель необходимо собрать о ней дополнительную информацию. Если же, как это имеет место в данном случае, режим поведения всей модели в целом не изменяется существенным образом при изменении кривой, мы задаем ее форму в соответствии с нашей консервативной догадкой и в таком виде учтываем в своих расчетах. По нашему представлению, наиболее точно соотношение между загрязнением окружающей среды и ожидаемой продолжительностью жизни отражает кривая С'' на рисунке 34. Вид этой кривой предполагает, что увеличение глобального загрязнения окружающей среды в 10 раз почти не оказалось бы никакого влияния на продолжительность жизни, а вот увеличение в 100 раз было бы очень сильным.

ПОЛЕЗНОСТЬ МОДЕЛИ МИРА

Рассмотренные выше соотношения - лишь три из ста или около ста причинных связей, которые все вместе составляют модель мира. Они были выбраны в качестве примеров, демонстрирующих типы информационных источников, которыми мы пользовались, и способы обработки и включения в модель получаемой из этих источников информации. Во многих случаях имеющаяся в наличии информация является неполной. Тем не менее мы уверены, что модель, основанная на такой информации, полезна даже на этой предварительной стадии своего развития, и причин этому несколько.

Во-первых, мы надеемся, что, формулируя каждое соотношение в виде гипотезы и подчеркивая важность этого соотношения для мировой системы в целом, мы тем самым сможем инициировать дискуссию по этому вопросу и его научное исследование. Это в конце концов приведет к увеличению объема и повышению качества информации, с которой нам придется работать. Такое акцентирование является особенно важным для тех соотношений, которые определяют взаимодействия между разными секторами модели (взаимодействия между такими переменными, как загрязнение окружающей среды и продолжительность человеческой жизни), для уточнения которых требуется проведение междисциплинарных исследований.

Во-вторых, даже при отсутствии улучшенного информационного обеспечения имеющаяся информация уже достаточно для получения адекватных базовых режимов поведения мировой системы. Это утверждение верно потому, что структура со множеством контуров обратных связей в существенно большей степени определяет общее поведение системы, чем конкретные значения параметров, заданные в ходе количественной идентификации контуров обратных связей. Даже значительные изменения в исходной информации обычно не приводят к изменению режима поведения, как это будет показано далее. Изменение числовых значений вполне может оказать влияние на период колебаний, или на темп роста, или на время наступления краха системы, но не окажет влияния на тот факт, что базовым режимом поведения системы является колебательная динамика, или рост, или крах системы^{*}. Так как мы намереваемся использовать модель мира только для поиска ответов на вопросы, связанные с режимами поведения системы, а не с точным предсказанием этого поведения, то нас в первую очередь интересует правильное описание структуры с контурами обратных связей и лишь во вторую очередь - точность задания числовых значений. Конечно, в том случае, когда нас интересует более де-

* Концепция доминирующего влияния структуры в сравнении с числовыми значениями параметров окажется наиболее сложной для понимания, если попытаться дать представление о ней без большого количества примеров, взятых из практики изучения и моделирования динамических систем. Для более глубокого знакомства с этой концепцией мы рекомендуем прочесть соответствующую главу в книге Дж. В.Форрестера "Динамика развития города" (М., 1974).

альный, краткосрочный характер поведения системы, точное задание параметров становится намного важнее.

В-третьих, если бы люди, занятые принятием решений на самых разных уровнях, имели доступ к точным предсказаниям и научно обоснованным результатам исследования альтернативных стратегий развития, мы, конечно же, не ставили бы обременять себя разработкой или публикацией имитационной модели, основанной на неполном знании. Но, к сожалению, не существует совершенной модели, которая могла бы быть использована для оценки сегодняшних насущных вопросов выработки стратегии развития. В настоящее время единственными возможными альтернативами такой модели, такая представлена здесь (основана на неполном знании), являются мысленные (интуитивные) модели, основанные на совокупности интуиции и неполной информации, которые на сегодняшний день определяют большинство принимаемых стратегических решений. Динамическая модель имеет дело с той же неполной информацией, которая доступна и для интуитивной модели, но она позволяет организовать информацию, поступившую из множества разных источников, в структуру с обратными связями, которую можно теперь исследовать с помощью точных расчетов. Как только все предположения собраны вместе и зафиксированы в письменном виде, появляется возможность сделать их открытыми для критики, а также изучить реакции системы на использование той или иной альтернативной стратегии развития.

ПОВЕДЕНИЕ МОДЕЛИ МИРА

Теперь мы, наконец, с полным правом можем начать рассмотрение вопросов, сформулированных в начале главы. По мере того как мировая система, испытывая рост, будет приближаться к своим конечным пределам, каким будет наиболее вероятный режим ее поведения? Какие из существующих сейчас соотношений изменятся после выхода кризисных экспоненциального роста на горизонтальный участок? Каким будет мир после прекращения роста?

Конечно, на эти вопросы есть много возможных ответов. Мы рассмотрим несколько альтернатив развития, каждая из которых будет зависеть от определенного, отличающегося от других, набора предположений относительно того, каким образом человеческое общество будет реагировать на проблемы, порождаемые разными проявлениями пределов роста.

Начнем с предположения о том, что в будущем не произойдет великих перемен ни в системе общечеловеческих ценностей, ни в механизме функционирования глобальной системы "население - капитал" (этот механизм уже работает на протяжении ста последних лет). Реализация такого предположения приводит к результатам, показанным на рисунке 35. Ссылаясь на компьютерный график, мы будем называть его "стандартным расчетом" и будем сравнивать с ним другие компьютерные расчеты, основанные на других предположениях, которые будут рассмотрены ниже. На рисунке 35 по горизонтальной оси откладывается время, измеренное в годах, с 1900 по 2100 год. С помощью компьютера были построены графики изменения во времени восьми величин: суммарной численности населения; выпуска промышленной продукции на душу населения (долларовый эквивалент на человека в год); производства продуктов питания на душу населения (килограмм зернового эквивалента на человека в год); загрязнения окружающей среды (множитель к уровню 1970 года); невозобновимых ресурсов (доля оставшихся ресурсов в сравнении с резервными запасами на 1900 год); общего темпа рождаемости (количество рождений на 1000 человек в год); общего темпа смертности (количество смертей на 1000 человек в год); производства услуг на душу населения (долларовый эквивалент на человека в год).

График каждой из этих переменных имеет свою, отличную от других, шкалу по вертикальной оси. Мы сознательно не указываем значений по вертикальным шкалам и точных промежуточных значений по горизонтальной шкале времени, так как хотим сделать акцент на общих режимах поведения переменных, показанных на компьютерных графиках, а не на их конкретных числовых значениях, которые известны лишь приблизительно. Однако на всех представленных здесь рисунках с компьютерными расчетами шкалы совершенно одинаковы, так что результаты разных компьютерных расчетов можно легко сравнивать друг с другом.

Начальные значения всех уровней модели (население, капитал, загрязнение окружающей среды, и т.п.) задаются равными их значениям в 1900 году. Значения пяти показанных на рисунке переменных (и множества других переменных, включенных в модель, но здесь не показанных) с 1900 по 1970 год в основном согласуются с их историческими значениями в той степени, в какой эти исторические значения нам известны. Население возрастает с 1,6 млрд человек в

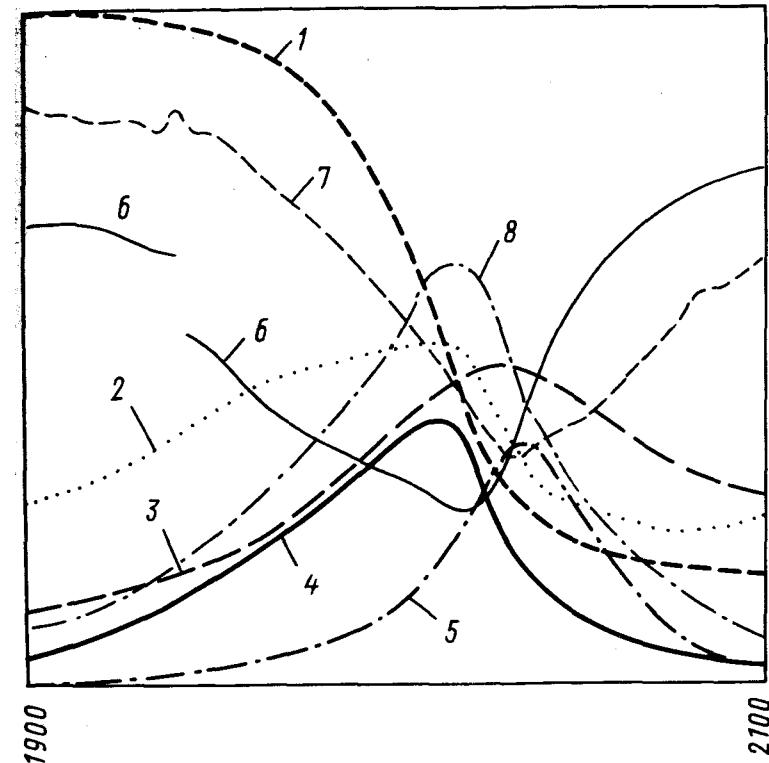


Рисунок 35

СТАНДАРТНЫЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ МОДЕЛИ МИРА

"Стандартный" компьютерный расчет модели мира предполагает отсутствие существенных изменений исторически сложившихся и определяющих развитие мировой системы физических, экономических и социальных соотношений. Значения всех показанных здесь графиков для периода с 1900 по 1970 год отражают историческую статистику. Производство продуктов питания, выпуск промышленной продукции и численность населения растут экспоненциально до тех пор, пока быстро убывающая ресурсная база не вызывает быстрое замедление промышленного роста. Из-за наличия в системе естественных запаздываний как население, так и загрязнение окружающей среды продолжают расти в течение еще некоторого времени после пика промышленного развития. В конце концов рост населения останавливается из-за увеличения темпа смертности вследствие снижения производства продуктов питания и медицинских услуг.

1 - невозобновимые ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

1900 году до 3,5 млрд в 1970 году. Хотя темп рождаемости постепенно снижается, темп смертности снижается более быстро, в особенности после 1940 года, и в итоге общий темп роста численности населения возрастает. Выпуск промышленной продукции, производство продуктов питания и услуг на душу населения растут экспоненциально. В 1970 году ресурсная база все еще составляет около 95 % в сравнении со значением на 1900 год, но после этого она катастрофически уменьшается, в то время как численность населения и выпуск промышленной продукции продолжают расти.

Показанный на рисунке 35 режим поведения системы с полной очевидностью является режимом превышения предельного значения и последующего краха системы. В этом компьютерном расчете причиной наступления краха является истощение невозобновимых природных ресурсов. Запасы промышленного капитала возрастают до такого уровня, что для его эксплуатации требуются колоссальные затраты ресурсов. Именно этот процесс роста капитала приводит к расходованию большой доли доступных запасов ресурсов. Когда цены на ресурсы начинают расти, а их месторождения истощаются, становится необходимым использование всевозрастающих объемов капитала в ресурсных отраслях, в результате чего уменьшается доля, идущая на инвестирование и обеспечение роста в других отраслях. Наконец, это инвестирование становится настолько малым, что уже не может покрывать даже амортизацию капитала, и наступает крах промышленной производственной базы. Он тянет за собой системы производства услуг и сельского хозяйства, которые стали зависимыми от производимых для них промышленностью факторов обеспечения производства (таких, как удобрения, пестициды, клинические лаборатории, компьютеры и особенно энергоносители для механизированного оборудования). В течение короткого промежутка времени ситуация остается особенно серьезной из-за того, что население продолжает расти вследствие наличия запаздываний, определяемых его возрастной структурой и длительностью процессов социальной адаптации. В конце концов численность населения снижается, когда темп смертности вырастает из-за недостатка продуктов питания и медицинских услуг. Точное время наступления этих событий не является значимым при данном высоком уровне агрегирования и большом количестве неопределенностей в модели. Однако имеет значение тот факт, что рост остановлен задолго до 2100 года. В случае неопределенности мы пытались выбрать наиболее оптимистическую оценку не-

устной величины. Кроме того, мы не учитывали событий пульсного характера, таких, как войны или эпидемии, которые могли бы стать причиной прекращения роста даже раньше срока, данного нашей моделью. Другими словами, модель является ограниченной в том смысле, что рост в ней продолжается дольше, чем мог бы, вероятно, продолжаться, в реальном мире. Таким образом, можно сказать с определенной степенью уверенности, что в предположении отсутствия крупных изменений в существующей системе рост населения и промышленности обязательно прекратится не позже следующего столетия.

Показанная на рисунке 35 система терпит крах из-за появления ресурсного кризиса. А что если наша оценка больших запасов ресурсов неверна? Обсуждая рисунок 35, мы предполагали, что в 1970 году имелся 250-летний запас всех ресурсов при сохранении темпа их расходования таким, каким он был в 1970 году. Если заглянуть в колонку статистического индекса ресурса таблицы ресурсов в главе II, то можно убедиться, что это предположение действительно оптимистическое. Но давайте будем еще большими оптимистами и предположим, что разведка новых месторождений или техническая революция привели к удвоению запасов ресурсов, добываемых которых экономически возможна. Компьютерный расчет, произведенный при таком предположении, показан на рисунке 36.

Представленный на рисунке 36 общий режим поведения системы - рост и крах - очень похож на тот, который имел место в стандартном компьютерном расчете. Снова имеется место сильное истощение ресурсов, несмотря на удвоение их запасов, по той простой причине, что экспоненциальному росту промышленности достаточно нескольких лет для того, чтобы израсходовать эти дополнительные ресурсы. Далее, истощение ресурсов приводит к снижению выпуска промышленной продукции и, как и раньше, к спаду производства продуктов питания, начиная с того момента, когда становится невозможной промышленная поддержка капиталоемкого сельского хозяйства. В этом компьютерном расчете рост промышленности достаточно велик, чтобы вызвать перегрузку естественной способности окружающей среды поглощать загрязнение. Рост загрязнения и недостаточное производство продуктов питания увеличивают темп смертности.

Таким образом, мировая система в будущем обречена сначала на рост, затем на крах, а потом на переход в жалкое существование с истощенными ресурсами? Это произойдет

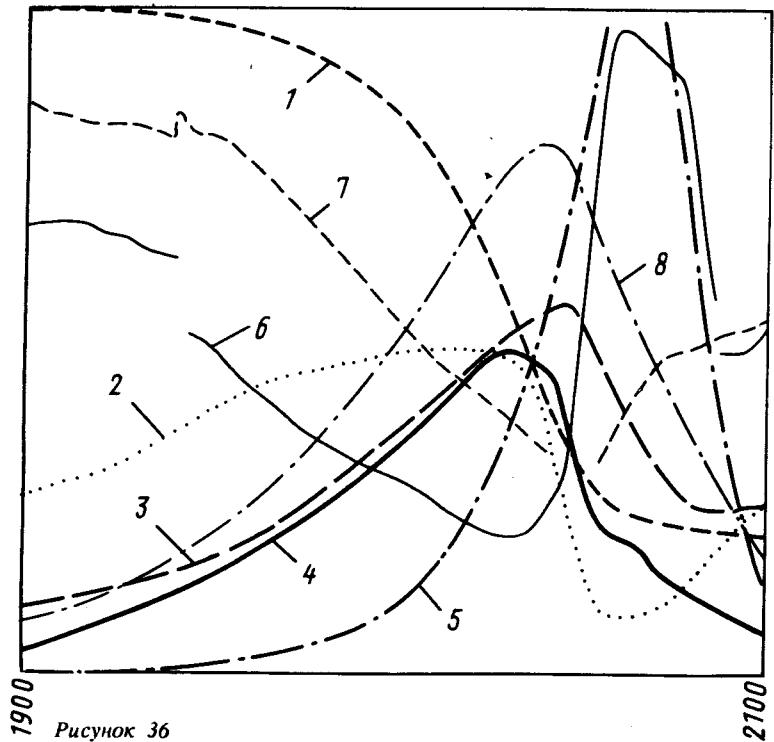


Рисунок 36

МОДЕЛЬ МИРА С УДВОЕННЫМИ РЕЗЕРВНЫМИ ЗАПАСАМИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Для проверки модельного предположения об объеме доступных для добывчи ресурсов мы удвоили резервные запасы 1900 года, оставив все остальные предположения точно такими же, какими они были в стандартном компьютерном расчете. Теперь развитие промышленности может достичь более высокого уровня, так как ресурсы истощаются не столь быстро. Однако разросшаяся промышленность загрязняет окружающую среду так, что природные механизмы поглощения загрязнения выходят в режим насыщения. Наблюдается очень быстрый рост загрязнения, который несколько увеличивает темп смертности населения. И в конце концов наступает спад производства продуктов питания, после того как спад выпуска промышленной продукции делает невозможной дальнейшую поддержку капиталоемкого сельскохозяйственного производства. К концу временного интервала этого компьютерного расчета наблюдается сильное истощение ресурсов, несмотря на то что исходные запасы, доступные для добычи, были удвоены.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

ет только в случае, если принимается исходное предположение о том, что ныне существующий способ ведения дел на земле не изменится. Мы имеем множество свидетельств человеческой изобретательности и социальной гибкости. Конечно, вполне вероятно, что система подвергнется многочисленным изменениям, часть которых происходит уже сейчас. "Зеленая революция" поднимает сельскохозяйственные урожаи в странах с неразвитой промышленностью. Быстро распространяются знания о современных методах контроля над рождаемостью. Давайте используем рассматриваемую здесь модель мира как инструмент для исследования возможных последствий внедрения новых технологий, которые обещают раздвинуть пределы роста.

ГЛАВА IV

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И ПРЕДЕЛЫ РОСТА

К какой конечной точке движется человечество, следя по пути промышленного роста? Что ждет нас после прекращения этого роста - в каких условиях окажется человечество?

Джон Стюарт Милль, 1857 г.

Хотя в истории человечества можно найти много примеров того, как оно стремилось существовать, не выходя за рамки физических ограничений, и терпело в этом неудачу, тем не менее именно успех в преодолении ограничений стал той культурной традицией, в соответствии с которой живут и действуют сегодня многие люди, имеющие возможность оказывать влияние на ход событий в окружающем мире. За последние триста лет человечество собрало богатую коллекцию примеров преодоления встающих на его пути ограничений, препятствующих увеличению численности населения и экономическому росту, за счет целого ряда впечатляющих скачков в развитии новых технологий. Так как в недалеком прошлом большая часть человеческого общества успешно преодолевала эти ограничения, вполне естественно, у многих людей складывается впечатление, что скачки в развитии новых технологий смогут и дальше отодвигать потолок физических ограничений, и так будет продолжаться до бесконечности. Когда эти люди говорят о будущем, в их голосе звучит вера в возможности технического прогресса.

В обозримом будущем мы не выделим на существенные физические пределы как по сырьевым, так и по энергетическим ресурсам, которые нельзя было бы преодолеть за счет изменения структуры цен, замещения, грядущего технического прогресса и контроля над загрязнением окружающей среды [35].

С учетом существующей способности Земли производить продукты питания и потенциала получения дополнительных объемов продуктов при более полном использовании современных технологий человечество, несомненно, располагает возможностью полностью покончить с голодом на Земле - это дело всего одного-двух десятилетий [36].

Освоение неограниченных запасов возобновимых источников энергии неорганического происхождения наряду с применением новых морских, воздуш-

ных и космических технологий, позволяющих производить больше при меньших затратах, доказывают ложность теории Мальтуса. Теперь человечеству достаточно четверти столетия для успешного и всестороннего решения его физических и экономических проблем [37].

Могут ли утверждения, подобные этим, согласовываться с теми свидетельствами наличия пределов роста, о которых мы здесь говорили? Изменит ли внедрение новых технологий существующую тенденцию развития мировой системы - рост, а затем крах? Перед тем как будут приняты или отвергнуты эти оптимистические точки зрения на будущее, основанные на решении проблем человечества за счет технического прогресса, хотелось бы больше узнать о глобальном эффекте от внедрения новых технологий в краткосрочном и долгосрочном аспектах и о его проявлении во всех пяти взаимозависимых секторах системы "население- капитал".

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В МОДЕЛИ МИРА

В модели мира нет одной переменной, названной "технический прогресс". Мы не сочли возможным агрегирование и объединение в одну переменную разных динамических воздействий технического прогресса по той причине, что разные новые технологии, с одной стороны, появляются в разных секторах модели и, с другой стороны, оказывают влияние на разные секторы модели. Медикаменты, обеспечивающие контроль над рождаемостью, высокоурожайные сорта зерновых культур, телевидение, буровые вышки для добычи нефти в прибрежных шельфах - все эти факторы могут рассматриваться как проявления технического прогресса, но каждый из них оказывает свое специфическое воздействие на поведение мировой системы. Таким образом, каждую из предложенных новых технологий мы должны представлять в модели отдельно и внимательно исследовать ее возможное влияние на каждое сделанное нами предположение относительно элементов модели.

ЭНЕРГИЯ И РЕСУРСЫ

Появление технологии управляемого ядерного распада уже устранило нависшую угрозу выхода на пределы запасов ископаемого топлива. Возможно также, что появление

атомных реакторов-размножителей, а может быть, даже и реакторов управляемого ядерного синтеза, приведет к существенному увеличению срока службы расщепляемых видов топлива, таких как уран. Означает ли это, что человек овладел "неограниченными запасами возобновимых источников энергии неорганического происхождения", которые также обеспечивают и неограниченное поступление сырья на промышленные предприятия? Каким будет влияние возросшего потребления атомной энергии на имеющиеся запасы сырья в мировой системе?

Некоторые специалисты считают, что изобилие энергетических ресурсов позволит человечеству добывать и использовать ранее недоступные материалы (например, при добыче полезных ископаемых с морского дна), перерабатывать руды с пониженным содержанием минералов, вплоть до обычного камня, а также вторично перерабатывать твердые отходы производства и таким образом добывать содержащиеся в них металлы. Хотя эта точка зрения является общепринятой, ее разделяют далеко не все, как следует из приведенного ниже высказывания геолога Томаса Лаверинга (Thomas Lovering).

Появление более дешевой энергии в действительности лишь незначительно снизило бы суммарные затраты (в основном капитала и людского труда), связанные с добычей и переработкой каменных пород. При производстве одной весовой единицы металла из обычного гранита будут образовываться такие колоссальные объемы непригодных для дальнейшего использования отходов (отношение по меньшей мере 2000:1), что избавиться от них на участке, где осуществляется это производство, будет намного сложнее, чем это представляется в инженерных расчетах и чертежах. Для добычи требуемых минералов придется взрывать горные породы, прокладывать в них специальные колодцы для извлечения минералов, заливать эти колодцы растворами, содержащими эстактивные химические вещества. Потребуются устройства, не допускающие утечки растворов и связанного с этим загрязнения грунтовых и поверхностных вод. Использование атомной энергии не устранит необходимости проведения всех указанных мероприятий [38].

Однако давайте предположим, что оптимисты технического прогресса правы и что атомная энергия решит проблему ресурсного обеспечения всего мира. Последствия включения в модель мира этого предположения показаны на рисунке 37. Для осуществления возможности переработки руд с низким содержанием минералов или для добычи горных пород с морского дна удвоим суммарные доступные запасы ресурсов, как показано на рисунке 36. Предположим, что начиная с 1975 года осуществление программ по повторной добыче минералов из отходов производства и их вторичной обра-

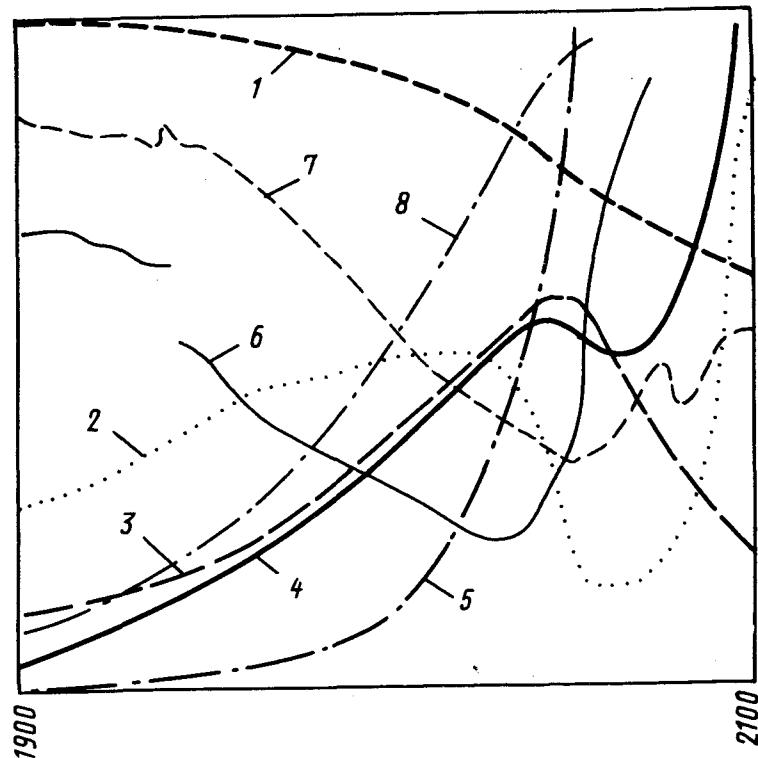


Рисунок 37
МОДЕЛЬ МИРА С
"НЕОГРАНИЧЕННЫМИ" РЕСУРСАМИ

Проблема истощения ресурсов в модели мира устраняется за счет введения двух предположений: во-первых, использование "неограниченной" атомной энергии удвоит резервные запасы ресурсов, которые могут быть использованы в производстве, во-вторых, наличие атомной энергии позволит осуществить крупные программы по переработке отходов и замещению ресурсов. Если в систему ввести только эти два изменения, рост будет остановлен вследствие высокого уровня загрязнения окружающей среды.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

ботке снизит потребность в первичных ресурсах на единицу выпускаемой промышленной продукции до одной четверти тогд объема, который требуется сегодня. Оба эти предположения являются скорее оптимистическими, чем реалистическими.

Действительно, в случае, показанном на рисунке 37, запасы ресурсов имеются в достаточном количестве. Рост численности населения остановлен возросшим уровнем загрязнения окружающей среды. Отсутствие каких-либо ограничений со стороны ресурсов позволяет вырасти объемам производства промышленной продукции и услуг немного больше, чем это было в ситуации, показанной на рисунке 36, перед тем, как наступит их сокращение. Численность населения достигает пика приблизительно на том же уровне, что и на 36. Очевидно, действие экономического стимула, который является следствием такого изобилия ресурсов, должно вождаться введением ограничений на загрязнение этой среды.

Контроль над загрязнением окружающей среды

В случае, представленном на рисунке 37, мы предполагали развитие атомной энергетики не привело ни к увеличению к снижению средней величины загрязнения окружающей среды, приходящейся на единицу выпускаемой промышленной продукции. Экологические последствия использования атомной энергии пока недостаточно ясны. Однако с уменьшением выбросов некоторых побочных веществ, образующихся в процессе потребления ископаемого топлива, таких, как CO_2 или двуокись серы (SO_2), будут отходить в виде радиоактивных побочных продуктов. Техническая переработка ресурсов, несомненно, снизит производство твердыми отходами и некоторыми токсичными веществами. Однако переход на использование атомной энергии всего окажет незначительное влияние на большинство других видов загрязнения окружающей среды, включая продукты большей части промышленных производств.

Термальное загрязнение, а также загрязнение отдельных видов сельскохозяйственной деятельности.

Еще с тем вполне возможно, что мировое сообщество бы при наличии атомной энергии осуществлять контроль над загрязнением окружающей среды отходами промышленных предприятий посредством внедрения новых технологий. Уже сейчас реализуются крупномасштабные мероприятия по разработке и установке в зонах промышленного производства специальных устройств, обеспечивающих этот контроль. Как изменилось бы поведение модели, если

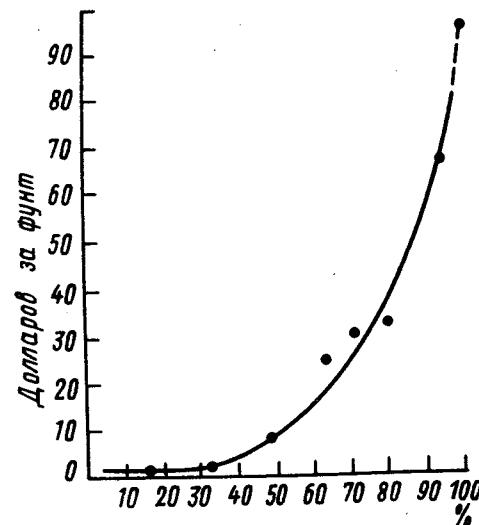


Рисунок 38
СТОИМОСТЬ СНИЖЕНИЯ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

По мере ужесточения стандартов содержания органических веществ в отходах фабрики по переработке сахарной свеклы мощностью 2700 тонн в день и их приближения к полной очистке отходов растет стоимость очистки. Снижение потребности в биологическом кислороде (мера, определяющая количество кислорода, необходимого для разложения отходов) обходится при 30%-й величине этого снижения в сумму, не превышающую 1 доллар за фунт изымаемых органических веществ. При 65%-м снижении требуется уже более 20 долларов за каждый дополнительный фунт, а при 95%-м снижении изымаемый фунт будет уже обходиться в 60 долларов.

Источник: Второй ежегодный отчет Совета по качеству окружающей среды (Second Annual Report of the Council on Environmental Quality, Washington, DC: Government Printing Office, 1971).

По горизонтальной оси - снижение потребности в биологическом кислороде (в процентах)

мы, скажем, в 1975 году была принята стратегия жесткого контроля над загрязнением окружающей среды?

Жесткий контроль над загрязнением окружающей среды не обязательно означает *полное* отсутствие загрязнения. Полное устранение всех видов загрязнения невозможно по причине существования как технических, так и экономических ограничений. В экономическом отношении ужесточение стандартов по выбросам загрязнителей в окружающую среду приводит к баснословному удорожанию контроля над загрязнением.

нением. На рисунке 38 показана стоимость очистки воды, загрязняемой отходами фабрики по переработке сахара, как функция доли удаляемых в процессе очистки органических отходов. При требовании *полного* отсутствия выхода с производства органических отходов стоимость очистки в 100 раз превышает ту сумму, которая потребовалась бы при изъятии из потока отходов лишь 30 % органических веществ. Приведенная ниже таблица 6, содержащая значения расчетной стоимости снижения загрязнения воздушного бассейна в одном из городов США [39], демонстрирует наличие аналогичной тенденции и для другого вида загрязнения.

Таблица 6. СТОИМОСТЬ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА В ОДНОМ ИЗ ГОРОДОВ США

| Процентное снижение содержания SO ₂ | Процентное снижение содержания частиц пыли | Расчетная стоимость (\$) |
|--|--|--------------------------|
| 5 | 22 | 50,000 |
| 42 | 66 | 7,500,000 |
| 48 | 69 | 26,000,000 |

На рисунке 39 показан компьютерный расчет по модели мира предположительного действия уже двух факторов - уменьшения истощения ресурсов, которое было положено в основу рисунка 37, а также снижения загрязнения окружающей среды от всех источников загрязнения в четыре раза начиная с 1975 года. Возможность снижения существующего темпа загрязнения окружающей среды более чем в четыре раза скорее всего является нереальной из-за высокой стоимости работы, а также вследствие технической сложности обеспечения защиты от некоторых видов загрязнения, таких, как термальное загрязнение, загрязнение радиоактивными изотопами, образующимися в процессе производства атомной энергии, утечка удобрений, образование частиц асбеста при износе тормозных накладок. Мы считаем оправданным включение в модель предположения о таком резком снижении загрязнения окружающей среды в глобальном масштабе и за короткое время, поскольку с помощью модели мы проводим вычислительный эксперимент, а вовсе не потому, что

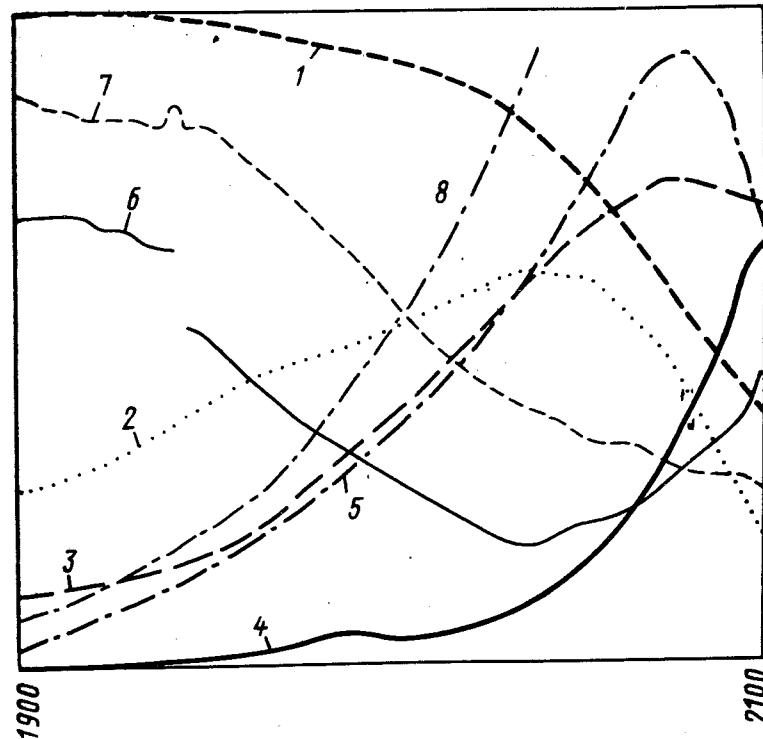


Рисунок 39
МОДЕЛЬ МИРА С "НЕОГРАНИЧЕННЫМИ"
РЕСУРСАМИ И КОНТРОЛЕМ НАД ЗАГРЯЗНЕНИЕМ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В модели за 1975 год реализуются дополнительные достижения технического прогресса, позволяющие избежать истощения ресурсов и возникновения проблем, связанных с загрязнением окружающей среды и имевших место в предшествующих компьютерных расчетах. Здесь мы предполагаем, что загрязнение на единицу выпускаемой промышленной и сельскохозяйственной продукции может быть снижено до одной четверти своего значения в 1970 году. Стратегии в отношении использования ресурсов остаются теми же, какие были представлены на рисунке 37. Это изменение позволяет населению и промышленности продолжать расти до тех пор, пока не будет достигнут предел запасов орошаемых земель. Производство продуктов питания падает и рост промышленности замедляется из-за оттока капитала в сектор производства продуктов питания.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - загрязнение окружающей среды; 5 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

верим в возможность реализации этой стратегии в условиях существующих политических и социальных институтов.

Как видно из рисунка 39, стратегия контроля над загрязнением окружающей среды действительно смягчает кризис загрязнения, имевший место в предшествующем компьютерном расчете. Как численность населения, так и выпуск промышленной продукции на душу населения здесь значительно превосходят свои пиковые значения на рисунке 37, и тем не менее в данном случае истощение ресурсов и загрязнение не становятся серьезными проблемами. Однако режим превышения предельного значения все еще действует, и на этот раз крах наступает в основном из-за недостатка продуктов питания.

Пока выпуск промышленной продукции, как показано на рисунке 39, продолжает расти, растет также урожайность с каждого гектара земли (до максимального значения, в десять раз превышающего среднюю урожайность на 1900 год) и продолжает осуществляться разработка новых земель. Однако одновременно с этим часть орошаемых земель изымается под индустриально-городское строительство. Кроме того, часть земель подвергается эрозии, в особенности там, где практикуются капиталоемкие способы ведения сельского хозяйства. В конце концов достигается предел запасов орошаемых земель, после чего дальнейший рост численности населения приводит к снижению производства продуктов питания на душу населения. Когда нехватка продуктов питания становится явной, происходит отток капитала из промышленного сектора в сельскохозяйственный с целью увеличения урожайности земель. Меньшие объемы капитала остаются для инвестирования, и в конце концов начинает падать и выпуск промышленной продукции на душу населения. Когда производство продуктов питания на душу населения падает ниже уровня, необходимого для обеспечения его нормального существования, начинает расти темп смертности, который останавливает рост численности населения.

ПОВЫШЕННАЯ УРОЖАЙНОСТЬ И КОНТРОЛЬ НАД РОЖДАЕМОСТЬЮ

Проблема, представленная на рисунке 39, может рассматриваться как следствие либо слишком малого количества продуктов питания, либо слишком большой численности населения. Решение с помощью технического прогресса первой

проблемы заключалось бы в обеспечении производства больших объемов продуктов питания, возможно, путем дальнейшего развития идей "зеленой революции". (Разработка новых высокурожайных сортов зерновых культур, которая и составляет сущность зеленой революции, уже включена в исходное уравнение модели.) Решение с помощью технического прогресса второй проблемы заключалось бы в применении усовершенствованных методов контроля над рождаемостью. Результат, к которым приведут эти два вида изменений, введенные в 1975 году, наряду с изменениями в потреблении ресурсов и контроле за состоянием окружающей среды, которые мы рассматривали раньше, показаны по отдельности и вместе на рисунках 40-42.

Рисунок 40 соответствует предположению, согласно которому нормальная средняя мировая урожайность одного гектара земель может быть еще увеличена в два раза. Результатом является колоссальное увеличение производства продуктов питания, промышленной продукции и услуг на душу населения. Для населения Земли средний выпуск промышленной продукции на душу населения почти достигает уровня США на 1970 год, но лишь на короткое время. Хотя продолжает действовать политика жесткого контроля над загрязнением окружающей среды, позволяющая уменьшать первоначально загрязнение, приходящееся на одну единицу выпущенной продукции, промышленность испытывает такой стремительный рост, что ее продукция вскоре тоже увеличивается в четыре раза. Таким образом, уровень загрязнения окружающей среды возрастает, несмотря на осуществление политики контроля над ним, и возрастает смертность. Кроме того использование интенсивных методов ведения сельского хозяйства вызывает эрозию почв и ведет к нехватке продуктов питания.

На рисунке 41 показана альтернативная стратегия технического прогресса: введение начиная с 1975 года идеально-контроля над рождаемостью, осуществляемого на добровольной основе. В результате рост населения не прекращается полностью, так как предотвращается рождение только нелегальных детей, однако рождаемость заметно снижается, население растет более медленно, чем в ситуациях, показанных на рисунках 39 и 40. В этом компьютерном расчете нест остановлен наступлением продовольственного кризиса, который обрушивается на систему приблизительно на 20 лет позднее, чем для случая на рисунке 39.

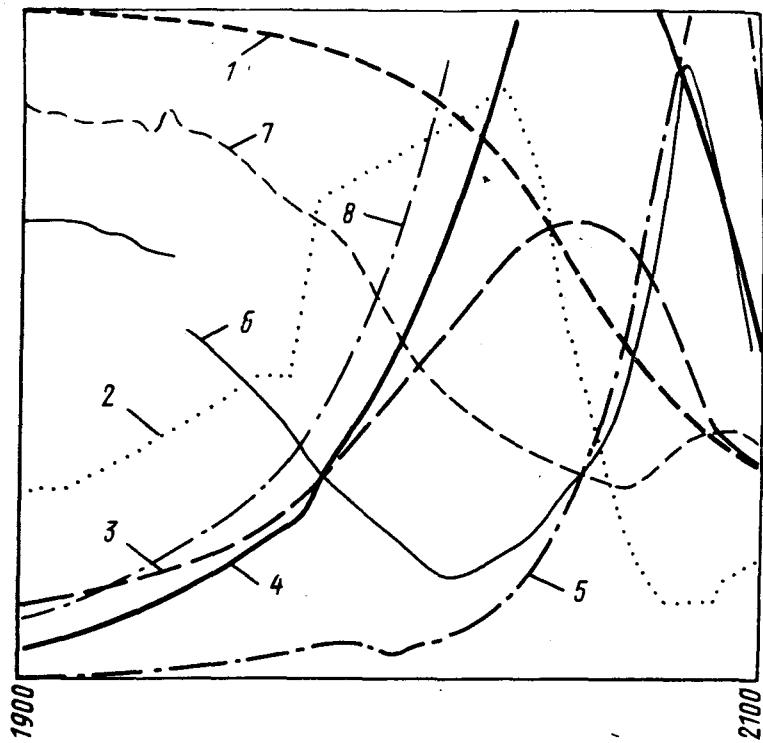


Рисунок 40
МОДЕЛЬ МИРА С "НЕОГРАНИЧЕННЫМИ"
РЕСУРСАМИ, КОНТРОЛЕМ НАД ЗАГРЯЗНЕНИЕМ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И УВЕЛИЧЕННОЙ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Чтобы избежать имевший место в предшествующем компьютерном расчете продовольственный кризис, начиная с 1975 года в два раза увеличена средняя урожайность земель в дополнение к стратегиям, касающимся использования ресурсов и загрязнения окружающей среды, показанным на предшествующих рисунках. Комбинация этих трех стратегий устраниет так много ограничений на пути роста, что численность населения и уровень развития промышленности становятся очень высокими. Хотя выпуск одной единицы промышленной продукции генерирует существенно меньшее загрязнение, суммарное производство становится настолько большим, что общее загрязнение вызывает кризис. Кроме этого интенсивное землепользование приводит к эрозии почв и нехватке продуктов питания.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

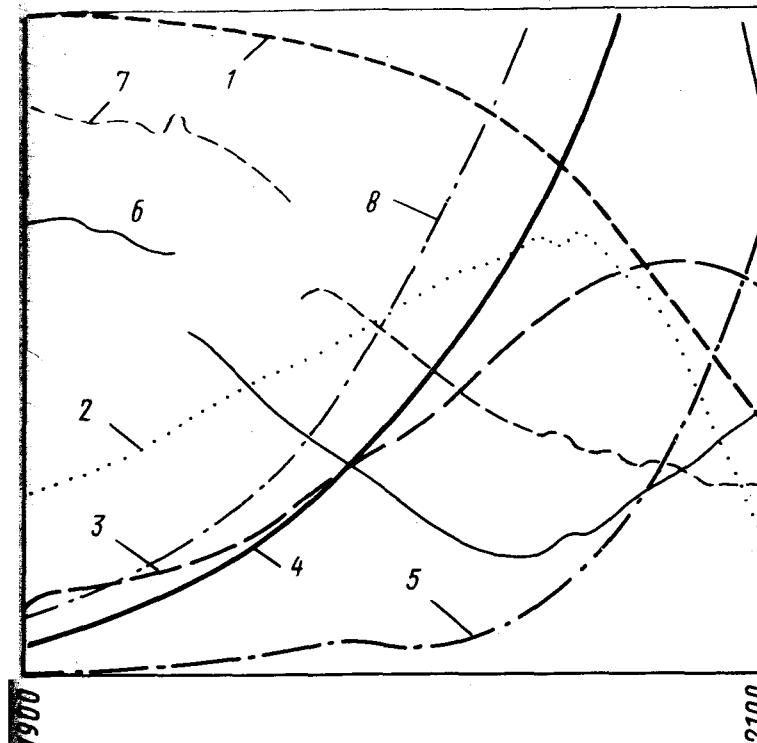


Рисунок 41
МОДЕЛЬ МИРА С "НЕОГРАНИЧЕННЫМИ"
РЕСУРСАМИ, КОНТРОЛЕМ НАД ЗАГРЯЗНЕНИЕМ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И "ИДЕАЛЬНЫМ" КОНТРОЛЕМ
НАД РОЖДАЕМОСТЬЮ

В данном случае для предотвращения проблемы нехватки продуктов питания вместо стратегии увеличения производства продуктов питания исследуя стратегия увеличения эффективности контроля над рождаемостью. Так как контроль над рождаемостью не является насилиственным и не предполагает изменения существующей системы общечеловеческих ценностей, население продолжает расти, но более медленными темпами, чем это происходило в ситуации, показанной на рисунке 39. Тем не менее продовольственный кризис лишь отодвинулся во времени на одно-два десятилетия.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

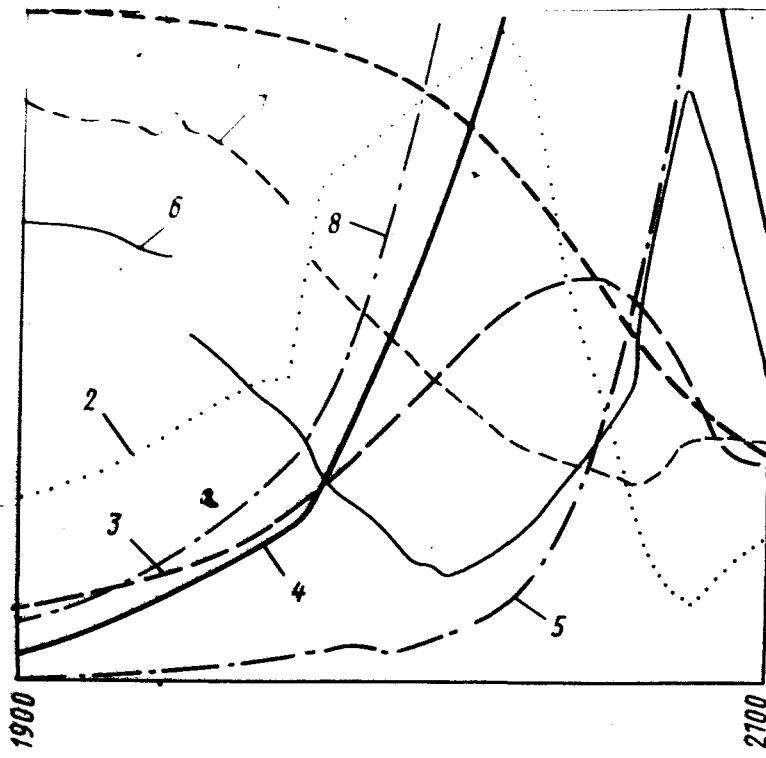


Рисунок 42

**МОДЕЛЬ МИРА С "НЕОГРАНИЧЕННЫМИ"
РЕСУРСАМИ, КОНТРОЛЕМ НАД ЗАГРЯЗНЕНИЕМ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, УВЕЛИЧЕННОЙ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ
И "ИДЕАЛЬНЫМ" КОНТРОЛЕМ НАД РОЖДАЕМОСТЬЮ**

В данном примере делается попытка предотвратить наблюдавшееся во всех предшествующих компьютерных расчетах поведение системы в режиме превышения предельного значения и последующего краха путем одновременного включения в модель четырех стратегий технического прогресса. Ресурсы используются на 100 %, и 75 % уже использованных ресурсов поступают во вторичное использование. Загрязнение окружающей среды снижено до одной четверти его величины на 1970 год. Урожайность земель увеличена в два раза, и всему населению мира открыт доступ к эффективным мерам по контролю над рождаемостью. Результатом реализации этих изменений становится достижение на короткий промежуток времени такого среднего мирового уровня доходов на душу населения, который почти приближается к сегодняшнему уровню США. Однако в конце концов промышленный рост прекращается, а истощение ресурсов, загрязнение окружающей среды и спад производства продуктов питания приводят к увеличению темпа смертности.

На рисунке 42 показан результат одновременного увеличения урожайности земель и обеспечения идеального контроля над рождаемостью. Здесь мы применяем стратегии технического прогресса во всех секторах модели мира, стремясь обойти тем или иным способом весь набор пределов роста. В моделируемой системе имеют место: производство атомной энергии, вторичная переработка ресурсов, добыча ресурсов даже в самых труднодоступных местах, ограничение загрязнения окружающей среды в максимально возможной степени, увеличение урожайности земель до таких величин, которые никому и не снились, рождение только желаемых детей. Тем не менее рост в системе все равно прекращается до наступления 2100 года. В данном случае это происходит вследствие одновременного наступления сразу трех кризисов. Изрезмерная эксплуатация земель приводит к их эрозии и падению производства продуктов питания. Высокий уровень благосостояния населения мира (но не такой высокий, как на сегодняшний день в США) обеспечивается за счет сильного истощения ресурсов. Растет загрязнение окружающей среды, следствием которого является хотя и небольшое, но тем не менее увеличение темпа смертности. Использование достижений технического прогресса для решения возникающих проблем привело к удлинению периода роста населения и промышленности, но не устранило существующие верхние пределы этого роста.

РЕЖИМ ПРЕВЫШЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Мрачное обдумывание набора катастроф, которые нам предвещает модель мира, теряет смысл, если вспомнить, что многие соотношения модели являются приближенными и сама модель имеет ограниченные возможности. Мы подчеркиваем еще раз, что ни один из представленных компьютерных расчетов не является предсказанием. Мы не считаем, что реальный мир будет вести себя именно так, как это показано на каком-либо из представленных графиков. В особен-

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год долларовый эквивалент)

ности это относится к интервалам времени, за которые реализуется режим краха системы. Сделанные на основании модели утверждения о ее динамическом поведении относятся только к физическим аспектам человеческой деятельности. В ней предполагается, что социальные переменные - структура распределения доходов, представление о желаемом размере семьи, предпочтения в отношении товаров, услуг, продуктов питания - будут формироваться по тем же правилам, по каким они формировались во всем мире в недавнем прошлом. Все эти правила, как и те общечеловеческие системы ценностей, которые они представляют, формировались на этапе роста нашей цивилизации. Они, конечно же, подверглись бы сильным изменениям в условиях снижения численности населения и его доходов. Но так как нам сложно представить себе, какие новые формы социального поведения людей могли бы возникнуть в условиях краха системы и насколько быстро они могли бы распространиться по всему миру, то мы и не пытались моделировать такие социальные перемены. И наша модель может считаться адекватной только до той точки на любом из представленных расчетов, в которой прекращается рост и начинается крах системы.

Хотя мы с осторожностью относимся к имеющимся в настоящей модели приближениям и упрощениям, тем не менее она приводит нас к одному выводу, который оказывается верным при любых предположениях из уже рассмотренного нами набора. *Базовый режим поведения мировой системы - экспоненциальный рост населения и капитала и следующий за ним крах системы.* Как мы уже отмечали при рассмотрении представленных здесь результатов компьютерных расчетов, этот режим поведения системы имеет место вне зависимости от того, предполагается ли полное отсутствие изменений в существующей системе или любой набор изменений, связанных с техническим прогрессом.

Негласное предположение, которое стояло за всеми представленными в этой главе компьютерными расчетами, заключается в том, что населению и капиталу позволено расти до достижения ими "естественных" пределов. Это предположение лежит в основе принятой человечеством в настоящее время системы ценностей. Как только мы включаем это предположение в модель, результатом становится такой режим поведения системы, при котором она в случае своего роста превышает предельно допустимое значение, вслед за чем наступает ее крах. Когда мы вводим в модель техниче-

ский прогресс, который успешно снимает некоторые ограничивающие рост пределы или позволяет избежать какого-либо кризиса, система просто дорастает до другого предела, временно его превышает и вновь испытывает крах. В рамках предположения о том, что будет отсутствовать преднамеренное (сознательное) ограничение роста населения и капитала - что этот рост "сам выйдет на свои предельные уровни", мы не смогли найти такого пакета стратегий, который позволил бы избежать режима краха системы.

В самом деле, понять механизм возникновения режима краха системы не так уж сложно. Вся сеть образующих мировую систему взаимозависимых контуров обратных связей пронизана запаздываниями по времени между причинами и их следствиями, которые (запаздывания), по нашему мнению, необходимо было включить в модель для обеспечения ее соответствия процессам, происходящим в реальном мире. Это естественные запаздывания, которые не могут быть изменены никакими нововведениями технического прогресса. Среди них можно назвать, например, запаздывание (с периодом около 15 лет) между рождением ребенка и временем, когда он впервые может воспроизвести себя. Такие запаздывания, которые являются неотъемлемыми атрибутами процессов старения населения, вносят некоторое неизбежное отставание в способность населения реагировать через изменение темпа рождаемости на меняющиеся внешние условия.

Еще одно запаздывание имеет место между моментом выброса загрязнителя в окружающую среду и началом его ощутимого влияния на здоровье людей. Это запаздывание складывается из времени, в течение которого загрязнитель перемещается в воздушной среде, почве или в воде до его попадания в пищу человека, а также времени с момента переваривания или поглощения загрязнителя организмом человека до момента появления клинических симптомов. Этот второй отрезок запаздывания может по длительности доходить до 20 лет, как это имеет место в отношении канцерогенных веществ.

Еще одна группа запаздываний имеет место вследствие того, что капитал нельзя мгновенно перенести из одного сектора системы в другой в ответ на изменившуюся картину спроса, потому что для создания нового капитала в промышленности и разработки новых земель в сельском хозяйстве необходимо определенное время, а также вследствие того, что естественным природным системам требуется длительное

время для понижения концентрации загрязнителей или преобразования их в безвредные формы.

Запаздывания в динамической системе имеют значение только в том случае, если сама система претерпевает быстрые изменения. Простой пример поможет пояснить это утверждение. Когда вы ведете автомобиль, имеет место очень короткое неизбежное запаздывание между вашим восприятием обстановки на дороге и вашей реакцией на нее. Кроме того, имеется более длительное запаздывание между вашим нажимом на педаль акселератора или тормоза и ответной реакцией автомобиля на это действие. Вы уже научились справляться с этими запаздываниями. Вы знаете, что из-за них быстрая езда небезопасна. Если вы будете ездить быстро, то рано или поздно испытаете на себе режим превышения предельного уровня скорости и последующего краха. Если бы у вас были завязаны глаза и вы должны были бы вести автомобиль по подсказке сидящего рядом с вами на переднем сидении пассажира, запаздывание между восприятием ситуации на дороге и действием стало бы намного больше. Если бы в этой ситуации вы пытались ехать с нормальной скоростью или с непрерывным ускорением (как это имеет место при экспоненциальном росте), последствия были бы катастрофическими.

Точно таким же образом запаздывания в контурах обратных связей мировой системы не представляли бы никакой проблемы, если бы система росла очень медленно или не росла совсем. При таких условиях любое новое действие или любая новая стратегия могли бы осуществляться постепенно, а изменения в системе могли бы спокойно пройти сквозь запаздывания и осуществить обратные воздействия на все части системы до того, как появится необходимость предпринять еще одно действие или применить еще одну стратегию. Однако в условиях быстрого роста система насилиственно вовлекается в принятие новых стратегий и действий задолго до того, как проявятся и будут должным образом оценены последствия старых стратегий и действий. В условиях экспоненциального роста и постоянно ускоряющихся изменений в системе ситуация лишь ухудшается.

Так, население и капитал, растущие по экспоненциальному закону, не просто достигают своих пределов, а в течение некоторого времени превышают их до той поры, пока остальные части системы с присущими им запаздываниями

начнут ограничивать этот рост. Экспоненциально растущее загрязнение окружающей среды может намного превыść критический уровень, так как он проявляется лишь через годы после выброса определяющего его загрязнителя. Быстро растущей системе промышленного производства можно значительно нарастить объемы капитала исходя из имеющихся запасов ресурсов, а затем обнаружить, что экспоненциально убывающие запасы ресурсов не обеспечивают заданную ростом объемов капитала. Население вследствие запаздываний, определяемых его возрастной структурой, будет продолжать расти в течение 70 лет даже после того, как средняя рождаемость упадет ниже уровня простого воспроизведения (в среднем по два ребенка на одну супружескую пару).

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В РЕАЛЬНОЙ ЖИЗНИ

Надежды оптимистов, уверовавших в возможности технического прогресса, основаны на его способности устранять или раздвигать пределы роста населения и капитала. Но мы уже показали, что в мировой модели использование технического прогресса для решения явных проблем, таких, как исчерпание ресурсов, загрязнение окружающей среды или недостатка продуктов питания, не оказывает никакого влияния на самую существенную проблему - экспоненциальный рост в конечной и сложной системе. Даже наши попытки использовать в модели наиболее оптимистические оценки тех выгод, которые дает технический прогресс, не смогли предотвратить конечное падение численности населения и выпуска промышленной продукции и фактически даже не смогли ни в каком из рассмотренных случаев, отодвинуть крах системы за пределы 2100 года. Перед тем как перейти к исследованию в следующей главе других стратегий, не связанных с техническим прогрессом, расширим рамки обсуждаемых вопросов, связанных с поиском решений в области технического прогресса, путем добавления некоторых новых его аспектов, которые не могут быть включены в рассматриваемую здесь модель мира.

ПОБОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Гаррет Харден (Garret Hardin) определяет побочные эффекты как "те эффекты, которые я не предвидел или о которых я не желаю думать" [40]. По его мнению, в связи с тем, что они в действительности неотделимы от основного эффекта, им ни в коем случае нельзя приклеивать ярлык побочных. Конечно, любая новая технология имеет побочные эффекты, и одной из основных целей создания моделей как раз и является их обнаружение. Представленные в этой главе компьютерные расчеты выявили некоторые побочные эффекты внедрения новых технологий и их воздействие на физическую и экономическую системы мира. К сожалению, модель на данном этапе ее разработки не показывает социальных побочных эффектов внедрения новых технологий, но именно эти эффекты часто оказываются наиболее важными в свете воздействия новых технологий на жизнь людей.

Зеленая революция и ее распространение в странах с ориентацией экономики на сельское хозяйство могут служить примером, взятым из недалекого прошлого, показывающим, как успешное внедрение новой технологии порождает социальные побочные эффекты. Зеленая революция, которая заключается в использовании новых разновидностей семян в сочетании со специальным режимом применения удобрений и пестицидов, была задумана как новая технология, которая позволит решить проблему обеспечения продуктами питания населения всего мира. Ее создатели предвидели некоторые социальные последствия, которые она могла породить при внедрении в странах с традиционной местной культурой ведения хозяйства. Предполагалось, что зеленая революция не только увеличит производство продуктов питания, но одновременно сделает сельскохозяйственные операции более трудоемкими, обеспечив тем самым большую занятость населения и меньшую капиталоемкость сельскохозяйственного производства. В некоторых регионах мира, таких, как индийский штат Пенджаб, зеленая революция действительно обеспечила более быстрый рост занятости населения по сравнению с темпом роста его суммарной численности. С 1963 по 1968 год в Восточном Пенджабе увеличилась реальная заработная плата на 16 % [41].

Казалось бы, основной, или ожидаемый, эффект зеленой революции - увеличение производства продуктов пита-

ния - достигнут. Но, к сожалению, в большинстве регионов, где стали использоваться новые разновидности семян, социальные последствия оказались не столь благоприятными. Индийский штат Пенджаб еще до начала зеленой революции располагал довольно нетипичным равномерным распределением земельных площадей. Более типичная картина, присущая неразвитым в промышленном отношении странам мира, характеризуется весьма неравномерным распределением земли, причем большая часть землевладельцев имеет очень маленькие фермы и лишь несколько человек владеют подавляющим большинством земельных площадей.

В тех регионах, где уже сложились такие условия экономического неравенства, зеленая революция вызывает его дальнейшее углубление. Обычно первыми внедряют новые методы ведения сельского хозяйства крупные фермеры. У них имеется капитал для реализации этих новых методов, и они могут позволить себе идти на риск. Хотя новые разновидности семян не требуют использования тракторов и других средств сельскохозяйственной механизации, они порождают сильный экономический стимул для такого использования, в особенности там, где многоразовые посевы требуют быстрой уборки урожая и проведения нового сева. В условиях ведения сельского хозяйства на больших фермах элементарные экономические рассуждения почти неизбежно приводят к замещению рабочих рук средствами механизации и покупке дополнительных земельных участков [42].

Приведенный ниже пример иллюстрирует социальные побочные эффекты зеленой революции, возможные в регионе с неравномерным распределением земельных площадей

На сегодняшний день доход не владеющего землей сельского труженика в Западном Пакистане все еще продолжает оставаться почти равным тому доходу, который он имел пять лет назад: менее 100 долларов в год. В противоположность этому, как сообщил мне во время моего пребывания в Пакистане один землевладелец, имеющий ферму с засеянными пшеницей полями площадью 1500 акров, чистая прибыль, которую он получил от продажи только последнего урожая, составила более 100000 долларов [43].

Еще один пример демонстрирует статистика по Мексике, где зеленая революция начала осуществляться в 40-х годах. С 1940 по 1960 год средний темп роста производства сельскохозяйственной продукции в Мексике был равен 5 % в год. Однако с 1950 по 1960 год среднее количество дней, про-

работанных не владеющим землей наемным сельским тружеником, упало с 194 до 100, а его реальный доход сократился с 68 до 56 долларов. Восемьдесят процентов возросшего производства сельскохозяйственной продукции приходилось лишь на 3 % фермерских хозяйств [44].

Наличие этих непредвиденных социальных побочных эффектов вовсе не означает, что внедрение технологии зеленой революции обязательно окажется безуспешным. Однако социальные побочные эффекты необходимо предвидеть и предупреждать перед началом крупномасштабного внедрения такой новой технологии.

По мере того как сельское хозяйство в своем развитии переходит от традиционного уклада к современному коммерческому фермерскому способу хозяйствования,.. все большую важность приобретает создание таких условий труда, при которых каждый занятый обработкой земли труженник будет непосредственно получать вознаграждение, соответствующее его трудовому вкладу. В самом деле, трудно представить себе, каким образом может быть проведена разумная модернизация сельского хозяйства в странах Латинской Америки и Африки к югу от Сахары без предварительной регистрации, раздачи и более равномерного распределения земельных угодий [45].

Такая предварительная подготовка к внедрению новых технологий требует по крайней мере длительного времени. Любое изменение привычных способов ведения хозяйства требует времени на адаптацию, в течение которого население бессознательно или осознанно перестраивает существующую систему таким образом, чтобы это изменение вписалось в нее. Но если смена старых технологий на новые может осуществляться очень быстрыми темпами, то политические и социальные институты обычно меняются очень медленно. Более того, они почти никогда не меняются до возникновения соответствующей социальной потребности, даже если она предвидится заранее. Эти изменения имеют место только лишь в качестве ответной реакции на уже возникшую потребность.

Выше мы рассматривали динамический эффект, являющийся следствием наличия в модели мира физических запаздываний. Но необходимо помнить и о наличии социальных запаздываний, определяемых необходимостью адаптации общества к происходящим изменениям или подготовки к ним. Такие запаздывания, будь они физические или социальные, являются причиной уменьшения стабильности мировой системы и увеличения вероятности реализации "режима превышения предельного значения". Социальные запаздывания,

и физические, становятся все более критичными из-за того, что процесс экспоненциального роста создает дополнительную напряженность все более и более быстрыми темпами. Чтобы население мира выросло с одного до двух миллиардов человек, ему потребовалось более ста лет. Но третий миллиард добавился уже за 30 лет, и осталось менее 20 лет для прибавки четвертого миллиарда. Пятый, шестой, а возможно, и седьмой миллиарды могут прибавиться еще до наступления 2000 года, т.е. менее чем за 30 лет, если отсчитывать от настоящего момента времени. Хотя скорость изменений в области новых технологий пока не отстает от увеличивающейся скорости роста численности населения, человечество не совершило практически никаких новых открытий, которые позволили бы ему увеличить скорость изменений в социальной области (политике, этике, культуре).

ПРОБЛЕМЫ, НЕ ИМЕЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Когда города Америки были молодыми, они быстро росли. Земли было много, она была дешевой, непрерывно росли новые здания, в урбанизированных районах увеличивалась численность населения, рос выпуск промышленной продукции. Однако в конце концов вся земля в центре города была застроена. Был достигнут физический предел, который угрожал остановить рост численности населения и промышленности в этой части города. Техническим решением этой проблемы стало строительство небоскребов с лифтами, которые по существу привели к тому, что размер земельного участка перестал быть ограничивающим рост фактором. В центральной части города появилось больше людей и больше предприятий. Затем возникло новое ограничение. Недостаточно быстрая скорость передвижения рабочих и доставки товаров в густонаселенную центральную часть города и из нее стала ограничивать дальнейший рост производства. Для этой проблемы опять было найдено техническое решение. Были сооружены сети скоростных магистралей, системы общественного транспорта, вертолетные станции на вершинах самых высоких небоскребов. Транспортное ограничение было снято, здания стали выше, население выросло еще больше.

Сейчас в большинстве наиболее крупных городов США рост прекратился (из десяти самых крупных городов в пяти

- Нью-Йорке, Чикаго, Филадельфии, Детройте и Балтиморе - с 1960 по 1970 год наблюдалось снижение численности населения. В Вашингтоне (округ Колумбия) численность населения за это время не изменилась. В Лос-Анджелесе, Хьюстоне, Далласе и Индианаполисе она продолжала расти за счет, по крайней мере частично, присоединения дополнительных территорий [46]). Более богатые люди, имеющие возможность экономического выбора, переезжали жить в постоянно расширяющуюся пригородную зону. В центральных районах города - шум, высокий уровень загрязнения окружающей среды, преступность, наркомания, нищета, забастовки рабочих и перебои в работе сферы социальных услуг. Качество жизни в центральном районе города упало. Частично прекращение роста населения и промышленности в городе объясняется возникновением проблем, которые не имеют технических решений.

Техническое решение можно определить как "такое, которое требует внесения изменений только в методы технических наук и совсем не требует или почти не требует внесения изменений в систему общечеловеческих ценностей и представлений о морали" [47]. Многие из проблем сегодняшнего дня не имеют технических решений. Примерами могут служить гонка ядерных вооружений, расовая вражда, безработица. Даже если техническому прогрессу будет под силу удовлетворить все физические потребности, вполне может возникнуть проблема, не имеющая технического решения, или целое переплетение таких проблем, которое в конце концов положит конец росту населения и капитала.

ВЫБОР ПРЕДЕЛОВ

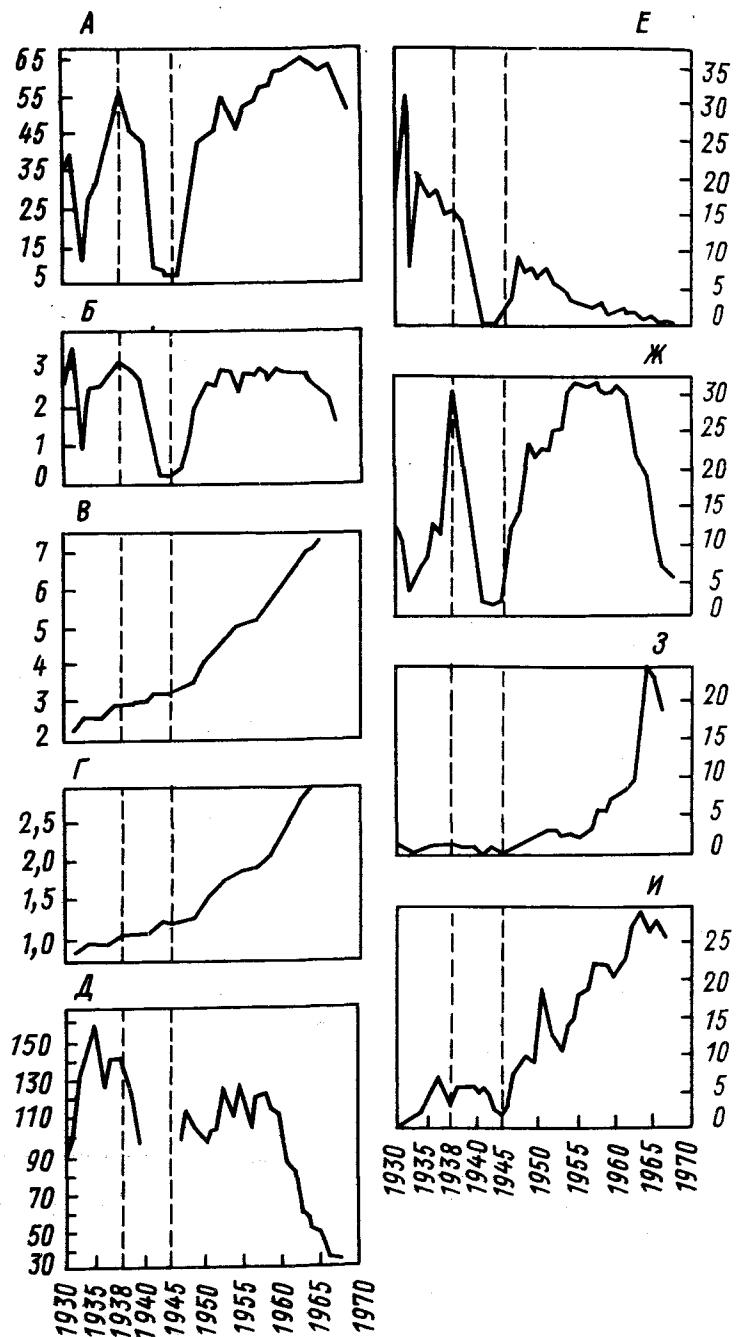
В прошлом техническое решение проблем, порождаемых естественной реакцией окружающей среды на любой процесс роста, осуществлялось настолько успешно, что вокруг принципа борьбы за преодоление возникающих пределов, в отличие от принципа существования в рамках этих пределов, сформировался целый слой культуры. Он подпитывался представлениями о колоссальных размерах Земли и имеющихся на ней запасов ресурсов и относительной малости человека и масштабов его деятельности.

Но соотношение между физическими пределами Земли и масштабами человеческой деятельности меняется. Кривые экспоненциального роста ежегодно добавляют в экосистему

миллионы людей и миллиарды тонн загрязнителей окружающей среды: Даже в океане, который когда-то казался практически неистощимым, один за другим исчезают виды населяющих его живых организмов, так или иначе используемых человеком. По недавно опубликованным Организацией продовольствия и сельского хозяйства (FAO) статистическим данным в 1969 году впервые после 1950 года имело место снижение суммарного улова рыбы по всем рыболовным зонам Мирового океана, несмотря на возросший уровень механизации и использование интенсивных методов отлова рыбы. (Среди отлавливаемых в крупных масштабах видов рыбы наиболее редкими становятся скандинавская и американская сельдь и атлантическая треска.) [48].

Однако человек, очевидно, плохо усваивает те уроки, которые преподает ему столкновение с явно выраженными пределами роста на Земле. Показанная на рисунке 43 история китобойного промысла демонстрирует на примере лишь одной маленькой системы последствие стремления к неограниченному росту в ограниченной среде. Китобои систематически выходили то на один, то на другой предел, и каждый раз предпринимали попытки преодолеть его за счет увеличения мощности китобойного флота и его технического оснащения. В результате этого один за другим исчезали известные виды китов. Конечным результатом такой стратегии неограниченного роста может быть только полное исчезновение как китов, так и самих китобоев. Альтернативной стратегией является задание *определеняемых самим человеком пределов* для ежегодных объемов отлова китов, причем задаваться они должны таким образом, чтобы было обеспечено сохранение численности популяции китов в равновесном состоянии. Но задание самим себе пределов для отлова китов явилось бы довольно непопулярной мерой, которая была бы тормозом развития всей промысловой отрасли. Возможно, эта мера выглядела бы более привлекательной в сравнении с альтернативой постепенного исчезновения с лица Земли как китов, так и самого китобойного промысла.

Главный выбор, перед которым оказались китобои, аналогичен тому, перед которым оказывается любое общество, пытающееся преодолеть естественный предел за счет внедрения новых технологий. Что лучше: *попытаться существовать, не выходя за рамки этого предела, задавая определяемые самим человеком ограничения на рост, или продолжать содействовать росту до тех пор, пока не возникнет следующий естественный предел, в*



надежде на то, что к тому времени еще один технический скачок позволит и дальше продлить рост? В течение последних столетий человеческое общество настолько уверено и успешно шло по второму пути, что первый путь был напрочь забыт.

Многие могут не согласиться с утверждением, что остановка роста населения и капитала должна произойти в скором времени, но практически никто не станет утверждать, что материальный рост на нашей планете может продолжаться бесконечно. На данном этапе истории почти во всех сферах человеческой деятельности пока еще имеется возможность сде-

**Рисунок 43
СОВРЕМЕННЫЙ КИТОБОЙНЫЙ ПРОМЫСЛ**

После того как были уничтожены дикие стада китов, поиски отдельных особей стали более затруднительными и потребовали больших усилий. После уничтожения более крупных видов китов китобойному промыслу для обеспечения собственного существования пришлось переключиться на отлов более мелких видов. Но из-за того что ограничений на отлов китов не было даже по отдельным видам, в тех случаях, когда попадались киты крупных видов, их тоже забивали. Таким образом, складывается ситуация, когда отлов мелких китов используется для субсидирования полного уничтожения крупных.

Источник: Роджер Пейн. Среди диких китов (Roger Payne, "Among Wild Whales" in the New York Ecological Society Newsletter, November 1968.)

А - суммарное мировое количество забиваемых китов (в тысячах); Б - мировое производство китового жира (в миллионах баррелей); В - средний валовой тоннаж китобойных судов (в сотнях тонн); Г - средняя мощность китобойных судов (в тысячах лошадиных сил); Д - средняя производительность одного китобойного судна за день работы (в баррелях китового жира); Е - количество забиваемых голубых китов (в тысячах); Ж - количество забиваемых финвалов (в тысячах); З - количество забиваемых сейвалов (в тысячах); И - количество забиваемых каашалотов (в тысячах). Начиная с 1945 года все больше и больше китов забивается для того, чтобы производить... все меньшее количество жира, китобойные суда стали крупнее... и мощнее..., но их производительность резко сократилась. Сначала расширение китобойного промысла привело к уничтожению самых крупных китов - голубых. Затем, после 40-х годов, когда их уже почти не осталось..., китобои переключились на промысел финвалов; когда и финвалы были уничтожены, они переключились на промысел сейвалов, а в настоящее время идет предельно безрассудная неограниченная охота за последним многочисленным видом китов - за каашалотами.*

* Обратите внимание на то, что промысел китов был практически остановлен во время второй мировой войны. Это бедственное время для людей было мирным временем для китов.

лать ранее упомянутый выбор. Человек еще может сам установить для себя пределы роста и остановить его по своему усмотрению за счет ослабления части сильных воздействий, порождающих рост капитала и численности населения, или за счет включения в систему противодействующих росту контрвоздействий, или за счет и того и другого одновременно. Такие контрвоздействия при реализации их на практике скорее всего окажутся весьма непопулярными. Они, конечно, будут включать в себя требование значительного преобразования существующих социальных и экономических структур, которые культивировались столетиями роста и глубоко отпечатались в культуре. Альтернативой этому пути является ожидание наступления такого момента времени, когда стоимость технического прогресса превысит кредитоспособность общества, или когда побочные эффекты технического прогресса начнут сами подавлять рост, или когда возникнут проблемы, не имеющие технического решения. После наступления любого такого момента времени возможности выбора уже не будет. Рост будет остановлен такими воздействиями, которые больше не зависят от выбора человека, и возникшая ситуация, как показывает рассматриваемая здесь модель мира, может оказаться значительно хуже по сравнению с теми ситуациями, которые человечество могло бы выбрать для себя само.

Мы сочли необходимым так подробно остановиться здесь на анализе последствий технического прогресса из-за того, что, как выяснилось, "технический" оптимизм - наиболее часто встречающаяся и наиболее опасная реакция на полученные с помощью рассматриваемой здесь модели мира выводы. Дело в том, что технический прогресс может ослабить симптомы проблемы, но при этом не оказать никакого влияния на порождающие эту проблему причины. Таким образом, вера в технический прогресс как средство решения всех проблем может отвлечь наше внимание от более фундаментальной проблемы - проблема роста в конечной системе - и помешать нам принять эффективные меры, обеспечивающие ее решение.

С другой стороны, мы, конечно же, не собираемся дискредитировать технический прогресс как нечто мрачное, бесплодное или ненужное. Мы сами являемся специалистами в области техники и работаем в техническом учреждении. Мы глубоко уверены (и продемонстрируем это в следующей главе), что многие из рассмотренных здесь технологических но-

введений - повторное получение сырья из отходов, устройства для защиты окружающей среды от загрязнения, противозачаточные средства - станут жизненно важными для обеспечения будущего существования человеческого общества, если они будут использоваться наряду с введением самим человеком сознательных ограничений на рост в системе. Мы выступили бы против необоснованного отказа от выгод технического прогресса с такой же убежденностью, с какой мы выступаем здесь против их необоснованного принятия. Возможно, наилучшим кратким выражением нашей позиции в этом вопросе является лозунг ассоциации "Сьерра клаб": "Не спое отрицание прогресса, а отрицание слепого прогресса".

Нам хотелось бы надеяться, что при принятии каждой новой технологии общество будет учитывать ответы на три приведенных ниже вопроса *перед тем*, как эта технология будет внедрена и получит широкое распространение. Вот эти вопросы:

1. Какими будут побочные эффекты, как физические так и социальные, от крупномасштабного внедрения новой технологии?
2. Какие социальные изменения необходимо осуществить до внедрения этой технологии и сколько времени потребуется на их реализацию?
3. Если новая технология может быть успешно реализована и устраняет какой-либо естественный предел роста, то в какой следующий предел выйдет испытывающая рост система? Предпочтет ли общество оказаться лицом к лицу с проблемами выхода на второй предел или захочет остаться с проблемами, порожденными выходом на тот предел, который новая технология призвана устраниТЬ?

Теперь давайте продолжим наши исследования и рассмотрим нетехнические подходы к решению проблем роста в конечном мире.

ГЛАВА V

СОСТОЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО РАВНОВЕСИЯ

Большинство людей считает, что стране, для того чтобы быть счастливой, необходимо быть большой; но даже если они и правы, у них нет никакого представления о том, что такая большая страна и что такая маленькая страна.. Существует предел для размеров стран, как существует он для других предметов, растений, животных, орудий производства; ведь в случае, если любой из этих объектов слишком велик или слишком мал, он не может выполнять свое естественное предназначение и либо полностью утрачивает свою природу, либо разрушается.

АРИСТОТЕЛЬ, 332 год до н.э.

Мы уже видели, что контуры положительной обратной связи, если они действуют без всяких ограничений, порождают экспоненциальный рост. Сейчас в мировой системе доминируют два контура положительной обратной связи, порождающие соответственно экспоненциальный рост населения и промышленного капитала.

В любой конечной системе должны действовать ограничения, способные остановить экспоненциальный рост. Эти ограничения реализуются через действие контуров отрицательных обратных связей. По мере того как рост приближает систему к конечному пределу или предельной несущей способности среды, в которой эта система находится, отрицательные контуры становятся все сильнее и сильнее. В конце концов они уравновешивают положительные контуры или превосходят их по силе, и рост в системе прекращается. В мировой системе контуры отрицательных обратных связей реализуются через такие процессы, как загрязнение окружающей среды, истощение невозобновимых ресурсов и возникновение острого недостатка продуктов питания.

Присущие этим отрицательным контурам запаздывания позволяют росту населения и капитала превысить их пре-

дельно допустимые уровни. В период такого превышения предельного уровня имеет место расточительное расходование ресурсов. Обычно этот процесс сопровождается еще и снижением предельной несущей способности окружающей среды, усугубляя тем самым последующее падение численности населения и запасов капитала.

Действие сдерживающих рост контуров отрицательных обратных связей уже стало явно ощущаться во многих регионах земного шара. В ответ на его проявление общество обычно стремится изменить именно эти контуры отрицательных обратных связей. Технические решения возникающих проблем, подобные тем, которые рассматривались в главе IV, нацелены на ослабление этих контуров или на маскировку проявления их действия для того, чтобы сохранить возможность дальнейшего роста. Такие решения могут дать некоторый краткосрочный эффект и ослабить вызванную ростом ответную реакцию среды, но в долгосрочном аспекте они не дают ничего, что могло бы предотвратить вступление системы в режим превышения предельного уровня и последующего краха.

Совершенно иной реакцией на проблемы, возникающие связи с ростом в системе, стало бы стремление ослабить порождающие этот рост контуры *положительных* обратных связей. Такое решение почти никогда не принималось современным обществом в качестве допустимого решения, а если и принималось, то уж, конечно, никогда не доводилось до завершения. Какие стратегии развития предполагало бы принятие такого решения? Каким стал бы мир после реализации такого решения? Почти не существует исторических предшественников использования такого подхода, и, таким образом, там не остается никакой другой альтернативы, кроме как обсуждать его в терминах моделей - либо мысленных, либо формальных, записанных в письменном виде. Как поведет себя модель мира, если мы включим в нее некоторую стратегию, которая обеспечит преднамеренное ограничение роста в системе? Станет ли режим поведения системы "лучше" после внесения такого изменения в пакет стратегий?

Каждый раз, когда мы пользуемся такими терминами, как "лучше", и приступаем к осуществлению выбора среди альтернативных модельных расчетов, мы, экспериментаторы,носим свои собственные оценки и предпочтения в процесс моделирования. Все значения параметров, входящие в причинно-следственные соотношения модели, являются объек-

тивными значениями, взятыми из реального мира и определенными с той степенью точности, с какой это можно было сделать. Те же значения, на основании которых мы делим компьютерные расчеты на "лучшие" или "худшие", определяются субъективными представлениями специалиста по моделированию или слушающей его аудитории. Мы уже продемонстрировали свою собственную систему предпочтений, когда отвергли как нежелательный режим превышения предельного значения и последующего краха системы. Теперь, когда мы находимся в поиске "лучшего" результата, нам следует с максимально возможной четкостью определить цель, к достижению которой должна стремиться система. Мы хотим получить модельный расчет, который представлял бы такую мировую систему, которая:

- 1) может поддерживаться в устойчивом режиме без наступления внезапного и неуправляемого краха системы, и
- 2) обеспечивает удовлетворение основных материальных потребностей всех населяющих ее людей.

Теперь давайте посмотрим, какие стратегии развития обеспечат такое поведение модели мира.

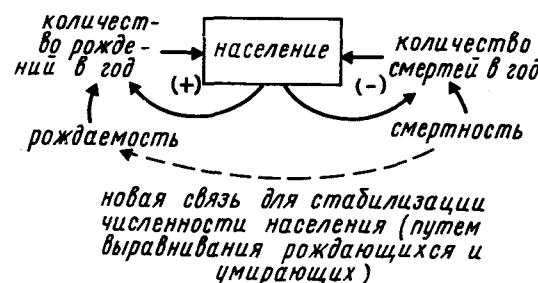
УСТАНОВЛЕНИЕ ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ НА РОСТ

Вы помните, что контур положительной обратной связи, генерирующий рост численности населения, включает в себя темп рождаемости и все влияющие на него социально-экономические факторы. Этот контур уравновешивается отрицательным контуром смертности.

Поразительно быстрый рост населения мира, порожденный действием положительного контура рождаемости, - относительно молодое явление, следствие успехов человечества в решении проблемы снижения смертности во всем мире. Контролирующий рост численности населения контур отрицательной обратной связи был ослаблен, что позволило контуру положительной обратной связи действовать практически без всяких ограничений. Существуют только два способа устранить возникший вследствие этого дисбаланс. Либо темп рождаемости должен быть уменьшен до величины нового, более низкого значения темпа смертности, либо смертность должна опять возрасти. Все "естественные" механизмы ограничения роста численности населения действуют вторым

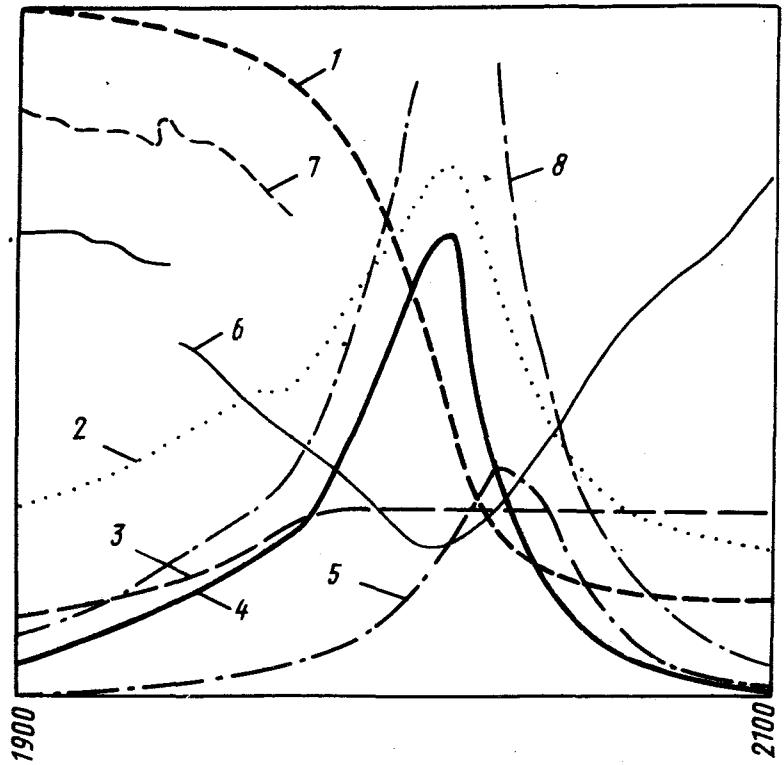
способом: они увеличивают темп смертности. Если общество, каким бы оно ни было, желает избежать этих последствий, ему волей-неволей придется предпринимать преднамеренные действия, направленные на ослабление действия контура положительной обратной связи, т.е. снижение темпа рождаемости.

Встроить в динамическую модель механизм, который уравновесит разогнавшиеся контуры положительных обратных связей, не составляет большого труда. На минуту отвлечемся от требования политической реализуемости вносимых в модель изменений и попробуем использовать ее для исследования если не социальных, то хотя бы физических последствий ограничения роста численности населения. Нам необходимо добавить в модель еще один контур отрицательной обратной связи, соединяющий темп рождаемости с темпом смертности. Иными словами, мы потребуем, чтобы каждый год число родившихся равнялось ожидающему на этот год числу умерших. Таким образом обеспечивается точная сбалансированность положительного и отрицательного контуров обратных связей. Как только в результате улучшения снабжения продуктами питания и медицинского обслуживания снизится темп смертности, так одновременно снизится и



темпер рождаемости. Это требование, реализация которого столь же проста с математической точки зрения, сколь сложна с социальной в свете стоящей перед нами задачи, является исследовательским инструментом и вовсе не обязательно - политической рекомендацией*. На рисунке 44 показан результат введения этой стратегии в модель мира начиная с 1975 года.

* Это предложение по стабилизации населения мира было первоначально высказано Кеннетом Е. Бouldингом в книге "Смысл XX столетия" (Kenneth E. Boulding, "The Meaning of the 20-th Century", New York: Harper and Row, 1964).



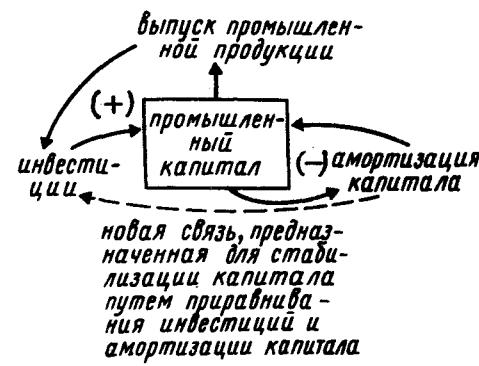
**Рисунок 44
МОДЕЛЬ МИРА СО
СТАБИЛИЗИРОВАННЫМ НАСЕЛЕНИЕМ**

В этом компьютерном расчете все заданные в моделируемой системе условия идентичны условиям стандартного компьютерного расчета (рисунок 35), за исключением вновь введенного требования о том, что население остается постоянным начиная с 1975 года за счет приравнивания темпа рождаемости темпу смертности. Но оставшийся в системе без всяких ограничений контур положительной обратной связи, включающий в себя промышленный капитал, продолжает генерировать экспоненциальный рост выпуска промышленной продукции, производства продуктов питания и услуг на душу населения. В конечном счете истощение природных ресурсов приводит к внезапному краху промышленной системы.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп рождаемости; 7 - общий темп смертности; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

Из рисунка 44 видно, что контур положительной обратной связи роста численности населения эффективно сбалансирован и ее величина остается постоянной. В первое время темпы рождаемости и смертности остаются низкими. Но в модели сохранился еще один необузданый контур положительной обратной связи - тот, который управляет ростом промышленного капитала. Вследствие стабилизации численности населения коэффициент усиления этого контура увеличивается, что приводит к очень быстрому росту доходов, производства продуктов питания и услуг на душу населения. Однако этот рост вскоре останавливается из-за истощения невозобновимых ресурсов. Затем растет темп смертности, но суммарная численность населения не уменьшается вследствие введенного нами требования о равенстве темпа рождаемости темпу смертности (явно нереалистическое требование для данной ситуации).

Наверное, если мы хотим иметь устойчивую систему, необходимо запретить обоим критическим контурам положительной обратной связи генерировать неуправляемый рост. Стабилизация только населения недостаточна для предотвращения перехода в режим превышения предельного уровня и последующего краха системы; аналогичный компьютерный расчет, но уже с постоянным капиталом и растущей численностью населения показывает, что стабилизация только капитала также недостаточна. А что произойдет, если мы возьмем под контроль оба контура положительной обратной связи одновременно? Можем стабилизировать запасы промышленного капитала, потребовав, чтобы темп инвестирования в промышленность был в точности равен темпу амортизации капитала путем введения дополнительной связи в модель по полной аналогии с тем, как это делалось при стабилизации населения.



На рисунке 45 показан результат остановки роста численности населения в 1975 году и роста промышленного капитала в 1985 году без внесения в модель каких-либо других изменений. (Рост капитала не ограничивался до 1985 года для того, чтобы слегка поднять средний материальный уровень жизни населения.) В этом компьютерном расчете удалось избежать резкого превышения предельного значения и краха, которые имели место на модели рисунка 44. Население и капитал выходят на постоянные значения при относительно высоком уровне обеспеченности продуктами питания, промышленными товарами и услугами на душу населения, однако в конце концов нехватка ресурсов вызывает падение выпуска промышленной продукции и временно устойчивое состояние вырождается.

Какие же модельные предположения смогут обеспечить одновременно и достаточно высокий уровень жизни, и более высокую стабильность по сравнению с той ситуацией, которая имела место на рисунке 45? Мы можем существенно улучшить поведение модели путем соединения технических и социальных изменений, нацеленных на ограничение существующего роста в системе. Экспериментирование с различными комбинациями таких стратегий позволило получить целый ряд компьютерных расчетов, описывающих систему, которая обладает достаточно высоким уровнем выпуска промышленной продукции на душу населения и долгосрочной стабильностью. На рисунке 46 показан пример такого расчета.

Стратегии, которые обеспечили показанное на рисунке 46 поведение системы, были следующими:

1. Население стабилизировалось путем задания начиная с 1975 года темпа рождаемости равным темпу смертности. Рост промышленного капитала не ограничивается до 1990 года, после чего он также стабилизируется путем задания темпа инвестирования равным темпу амортизации капитала.

2. Для того чтобы избежать нехватки невозобновимых ресурсов, которая наблюдалась на модели в рисунке 45, потребление ресурсов на единицу выпускаемой продукции было сокращено до одной четверти его величины в 1970 году (эта и последующие пять стратегий вводятся в 1975 году).

3. Для обеспечения дальнейшего замедления истощения ресурсов и снижения уровня загрязнения окружающей среды экономические предпочтения общества смещены от производства материальных благ в сторону производства ус-

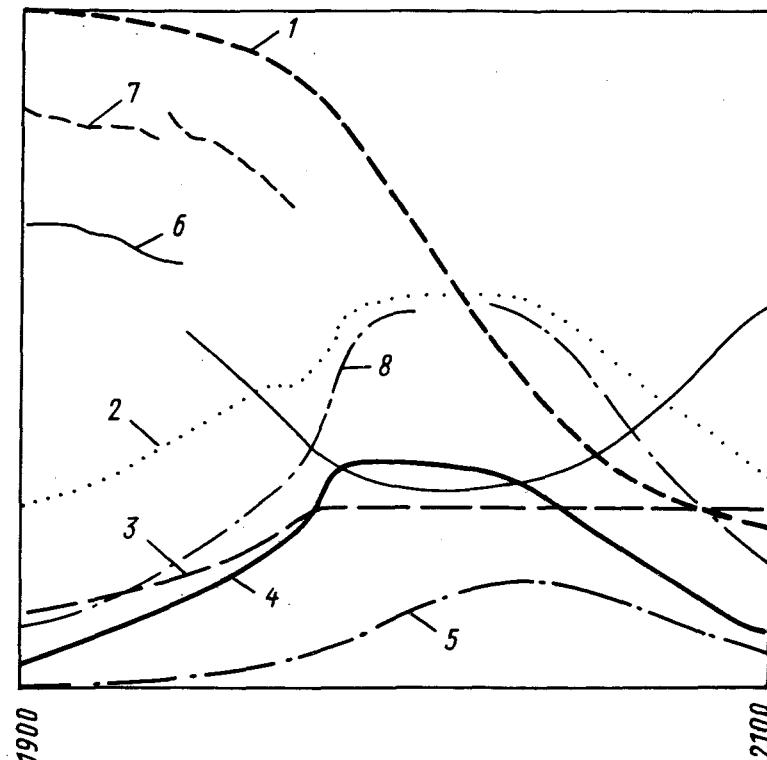


Рисунок 45
МОДЕЛЬ МИРА СО СТАБИЛИЗИРОВАННЫМ
НАСЕЛЕНИЕМ И КАПИТАЛОМ

К представленной на рисунке 44 стратегии стабилизации численности населения добавлено ограничение на рост промышленного капитала путем введения требования о том, чтобы в секторе капитала инвестиции были равны амортизации. Теперь, когда экспоненциальный рост остановлен, система входит во временное устойчивое состояние. Однако уровни численности населения и запасов промышленного капитала в этом состоянии достаточно высоки и вследствие этого ведут к быстрому истощению ресурсов, так как в системе не предполагается использование каких-либо ресурсосберегающих технологий. По мере уменьшения ресурсной базы снижается и выпуск промышленной продукции. И хотя промышленная база поддерживается на одном неизменном уровне, производительность капитала падает, так как все большая его часть отвлекается от производства полезной продукции и переключается на добычу ресурсов.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

лут, таких, как услуги образования и здравоохранения (это изменение задается путем введения в модель соотношения, определяющего "рекомендуемую" или "желаемую" величину производства услуг на душу населения как функцию растущего дохода населения).

4. Загрязнение окружающей среды на единицу выпускаемой промышленной и сельскохозяйственной продукции уменьшено до одной четверти его значения в 1970 году.

5. Так как в условиях сохраняющегося традиционного неравенства распределения благ применение перечисленных выше стратегий привело бы к получению довольно низкой величины производства продуктов питания на душу населения, часть населения оказалась бы лишенной доступа к нормальному обеспечению продуктами питания. Чтобы избежать этого, задается большой весовой коэффициент производства объема продуктов питания, достаточного для всего населения. Вследствие этого капитал перемещается в сектор производства продуктов питания, даже если такая инвестиционная политика считалась бы "экономически невыгодной". (Это изменение задается путем введения в модель соотношения, определяющего "рекомендуемую" величину производства продуктов питания на душу населения).

6. Упор на ведение капиталоемкого сельского хозяйства, необходимого для производства достаточных объемов продуктов питания, привел бы к ускоренной эрозии почв и снижению их урожайности, нарушив тем самым долгосрочное равновесие в секторе сельского хозяйства. С учетом этого характер использования сельскохозяйственного капитала был изменен таким образом, чтобы больший вес придавался обогащению и сохранению почв. Эта стратегия, в частности, предполагает использование капитала для переработки городских органических отходов и возвращения их в переработанном виде на поля (эта стратегия одновременно снижает загрязнение окружающей среды).

7. Колossalный отток капитала из сектора промышленного производства и его перемещение в другие сектора, которое в соответствии с шестью перечисленными выше условиями должно обеспечить увеличение производства услуг, продуктов питания, повторной переработки ресурсов, деятельности по охране окружающей среды, привело бы в конце концов к падению запасов капитала в секторе непосредственно промышленного производства. Для того чтобы уравновесить этот дисбаланс, введено требование увеличения средней продолжительности срока службы капитала, которое предпо-

лагает совершенствование проектирования капитальных товаров, нацеленное на увеличение срока их службы и безремонтной эксплуатации и на снижение скорости их перехода в разряд устаревших. Эта стратегия одновременно замедляет истощение ресурсов и снижает загрязнение окружающей среды.

Наблюдаемая на рисунке 46 стабильная численность населения лишь немного превосходит существующее ее значение на сегодняшний день. Производство продуктов питания на душу населения более чем в два раза превосходит его среднюю величину в 1970 году, а средняя мировая величина продолжительности жизни составляет приблизительно 75 лет. Средний выпуск промышленной продукции на душу населения значительно выше сегодняшнего уровня, а производство услуг на душу населения утроилось. Суммарный средний доход на душу населения (производство промышленной продукции, продуктов питания и услуг, взятых вместе) составляет приблизительно 1800 долларов. Это значение составляет около половины существующего среднего дохода в США, равно существующему среднему доходу в Европе и в три раза превышает существующий средний доход во всем мире. Ресурсы продолжают постепенно истощаться, как это и должно быть при любом реалистичном предположении, но темп их истощения настолько низок, что совершенствование промышленности и рост уровня технического прогресса успевают адаптировать промышленное производство к изменяющемуся ресурсному обеспечению.

Набор числовых ограничений, характеризующих этот модельный расчет, не является единственным, который обеспечивал бы устойчивость системы. Другие люди или группы людей, возможно, приняли бы другие решения в ситуациях, где приходится делать выбор, усилив или ослабив акцент на одном из факторов - развитии сферы услуг, увеличении производства продуктов питания, борьбе с загрязнением окружающей среды, развитии сферы материального производства. Этот пример включен сюда лишь как иллюстрация тех уровней численности населения и капитала, которые могут быть физически обеспечены на Земле, причем при самых оптимистических предположениях в отношении будущего развития человечества. Модель не может сказать нам, что конкретно необходимо сделать для обеспечения достижения этих уровней. Она может только указать на совокупность непротиворечащих друг другу целей, достижение которых возможно.

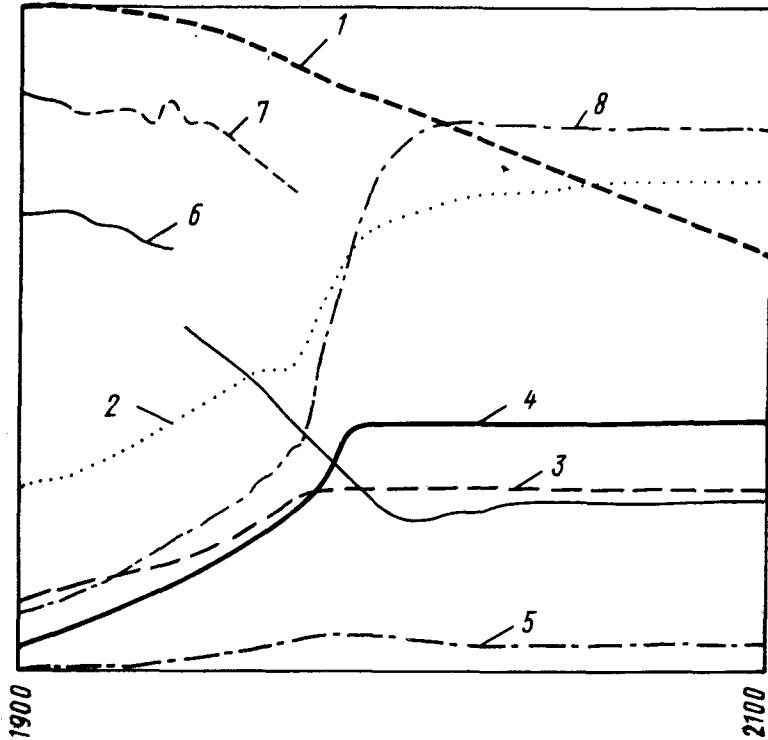


Рисунок 46

СТАБИЛИЗИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ МИРА I

К ограничивающим рост стратегиям предшествующего расчета добавлены стратегии технического прогресса, и это позволяет вывести систему в равновесное состояние, которое сохраняется в ближайшем и отдаленном будущем. Набор стратегий технического прогресса включает в себя вторичную переработку ресурсов, использование устройств, обеспечивающих контроль над состоянием окружающей среды, удлинение срока службы всех видов капитала, а также использование методов восстановления подвергшихся эрозии и ставших неплодородными земель. Изменения в системе ценностей включают усиление акцента на производство услуг и продуктов питания в противоположность увеличению производства материальных благ. Как и на рисунке 45, количество родившихся задается равным количеству умерших и инвестиции в промышленный капитал задаются равными его амортизации. Равновесное значение выпуска промышленной продукции на душу населения в три раза превышает среднее мировое значение в 1970 году.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

Теперь давайте сделаем несколько шагов назад, в направлении реального мира и ослабим наши наиболее нереалистические предположения о том, что мы можем обеспечить быструю и надежную стабилизацию численности населения и капитала. Допустим, что мы сохраним последние шесть из семи стратегий, которые позволили получить компьютерный расчет, представленный на рисунке 46, а первую стратегию заменим начиная с 1975 года на следующую:

1. Населению предоставляется доступ к 100%-й эффективности контроля над рождаемостью.
2. Средний желаемый размер семьи - двое детей.
3. Экономическая система стремится к сохранению среднего выпуска промышленной продукции на душу населения на уровне 1975 года. Избыточные промышленные мощности используются для увеличения производства товаров потребления, а не для наращивания темпа инвестирования в сектор производства капитала сверх того уровня, который уравновешивает темп его амортизации.

Поведение модели, являющееся следствием внесения в нее этих изменений, показано на рисунке 47. Теперь из-за наличия запаздываний в системе население увеличивается и достигает более высокого уровня, чем на рисунке 46. Как следствие этого обеспеченность промышленными товарами, продуктами питания и услугами на душу населения становится ниже, чем в предшествующих расчетах (но все же выше, чем средний мировой уровень на сегодняшний день).

Мы не считаем, что каждая отдельная стратегия из того набора, который необходим для обеспечения стабильности модели, может или должна быть реализована сразу во всем мире к 1975 году. Общество, поставившее перед собой цель достижения устойчивого развития, должно приближаться к ней постепенно. Однако очень важно осознавать, что чем дольше продолжается экспоненциальный рост, тем меньше остается возможностей для достижения конечного устойчивого состояния. На рисунке 48 показаны последствия отсрочки до 2000 года введения в действие тех же самых стратегий, которые, как показано на рисунке 47, были введены в действие в 1975 году.

На рисунке 48 как население, так и выпуск промышленной продукции на душу населения достигают намного более высоких значений, чем на рисунке 47. В результате этого имеют место более высокий уровень загрязнения окружающей среды и сильное истощение ресурсов, несмотря на введение (под конец) ресурсосберегающих технологий. Фактиче-

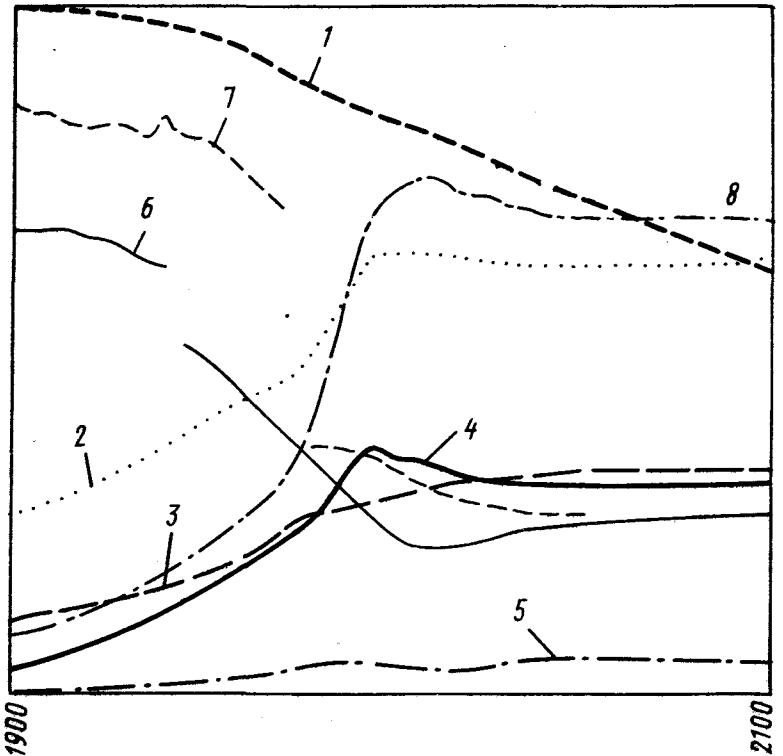


Рисунок 47

СТАБИЛИЗИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ МИРА II

Если ослабить имеющие место в предшествующем расчете жесткие ограничения на рост населения и капитала, то они будут регулироваться через естественно присущие системе запаздывания, и равновесный уровень численности населения будет выше, а выпуск промышленной продукции на душу населения ниже, чем на рисунке 46. Здесь предполагается, что к 1975 году реализованы стратегия идеального эффективного контроля над рождаемостью и снижение желаемого количества детей в семье до двух. Темп рождаемости весьма медленно приближается к темпу смертности из-за наличия запаздываний, присущих возрастной структуре населения.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

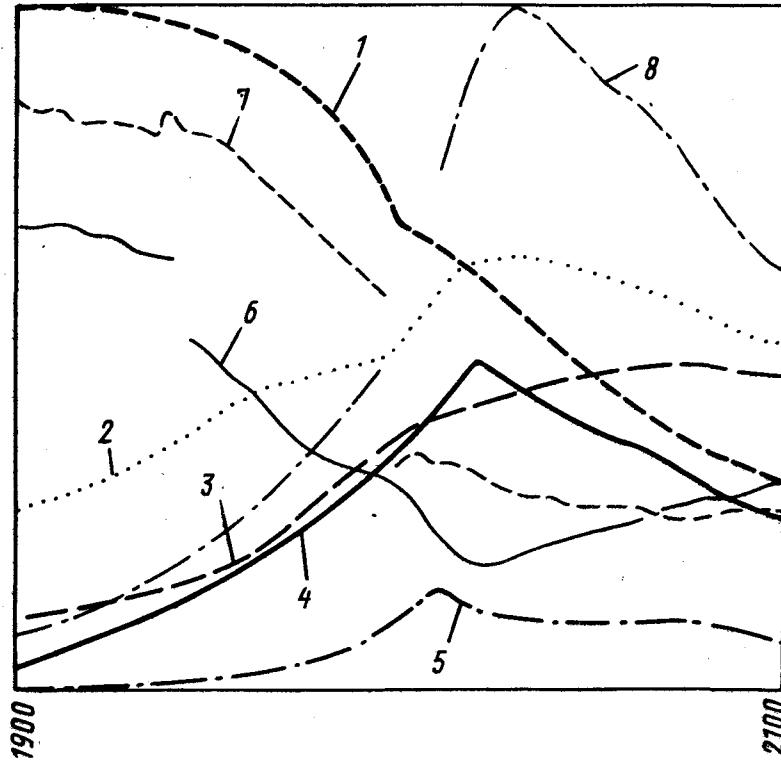


Рисунок 48

МОДЕЛЬ МИРА С ВВЕДЕНИЕМ В ДЕЙСТВИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ СТРАТЕГИЙ В 2000 ГОДУ

Если реализацию всех стратегий, введенных в модель на предыдущем рисунке в 1975 году, отложить до 2000 года, то выход в равновесное состояние становится уже неосуществимым. Численность населения и запасы промышленного капитала выходят на такие высокие уровни, что еще до наступления 2100 года возникает нехватка продуктов питания и ресурсов.

1 - ресурсы; 2 - производство продуктов питания на душу населения; 3 - численность населения; 4 - выпуск промышленной продукции на душу населения; 5 - загрязнение окружающей среды; 6 - общий темп смертности; 7 - общий темп рождаемости; 8 - производство услуг на душу населения в год (долларовый эквивалент)

ски расход ресурсов за время 25-летней (с 1975 по 2000 год) отсрочки введения стабилизирующих стратегий почти равен расходу ресурсов за все 125 лет с 1975 по 2100 год на рисунке 47.

Многие люди будут рассматривать изменения, которые мы внесли в модель для того, чтобы избежать ее перехода в режим поведения по типу превышения предельного значения и последующего краха, не только как нереализуемые, но как непривлекательные, опасные или даже катастрофические по своей сути. Такие стратегии, как снижение темпа рождаемости и изъятие капитала из сектора производства материальных благ, каким бы способом они ни реализовывались, кажутся неестественными и невообразимыми из-за того, что, как явствует из опыта большинства людей, они пока вообще нигде и никогда не применялись и даже серьезно не рассматривались. Действительно, было бы бессмысленным даже рассматривать такие фундаментальные изменения механизмов функционирования современного общества, если бы мы знали о существовании возможности продления далеко в будущее существующий режим неограниченного роста. Однако все имеющиеся в нашем распоряжении аргументы свидетельствуют о том, что из трех альтернатив - неограниченного роста, преднамеренно вводимых ограничений на рост и естественно возникающих ограничений на рост - действительно возможны только две последних.

Выбор альтернативы естественно возникающих ограничений на рост не требует со стороны человека никаких усилий, кроме как позволить событиям идти своей чередой и ждать того, что произойдет само собой. Наиболее вероятным последствием выбора такой альтернативы, как мы попытались здесь показать, станет неуправляемое падение численности населения и запасов капитала. Истинное значение такого краха системы трудно себе представить, так как он может происходить в самых разных формах. Его наступление может произойти в разные моменты времени во всем мире или в разных его частях. Оно может быть внезапным или растянутым во времени. Если бы первым был достигнут предел производства продуктов питания, основное падение численности населения пришлось бы на неразвитые в промышленном отношении страны. Если бы первым был достигнут предел, обусловленный истощением невозобновимых природных ресурсов, основной удар пришелся бы на развитые промышленные страны. Крах социально-экономической системы мог бы не сопровождаться снижением несущей спо-

собности планеты, т.е. способности поддерживать жизнь рас-
тений и животных, или мог бы уменьшить ее вплоть до
полного уничтожения. Можно с определенностью сказать, что
такая бы часть населения Земли ни уцелела после заверше-
ния этого процесса, в ее распоряжении останется очень мало
из того, что необходимо для создания нового общества в лю-
бой из форм, какой бы мы ее сейчас ни вообразили.

Выбор альтернативы введения преднамеренных ограни-
чений на рост потребовал бы со стороны человека больших
усилий. Стало бы необходимым обучение новым способам
ведения дел во многих сферах человеческой деятельности.
Этот выбор потребовал бы от человечества всей его изобрета-
тельности, гибкости и самодисциплины. Реализация предна-
меренной, управляемой, остановки роста - задача колосаль-
ного масштаба, которую решить не просто. Стоил бы полу-
ченный результат затраченных усилий? Какую выгоду полу-
чило бы человечество от перехода в такой режим, какими
были бы его потери? Давайте посмотрим более детально на
то, как мог бы выглядеть мир без роста.

СОСТОЯНИЕ РАВНОВЕСИЯ

В зафиксированной в письменных источниках истории
человечества мы далеко не первые, кто предлагал тот или
иной вид состояния человеческого общества без роста. Мно-
гие философи, экономисты и биологи рассматривали такое
состояние, давали ему самые разные названия и наполняли
это понятие различным содержанием*.

См., например:

Платон. Законы, 350 г. до н.э.,

Аристотель. Политика, 332 г. до н.э.,

Мальтус Т.Р. Опыт о законе народонаселения, или изложение прошедшего и
настоящего действий этого закона на благоденствие человеческого рода, с при-
ложением нескольких исследований о надеждах на отстранение или смягчение
причиненного им зла. Спб, 1986 Т.1-2.

Гаррисон Браун. Вызов человеческому будущему (Harrison Brown, The
Challenge of Man's Future, New York: Viking Press, 1954),

Кеннет Е. Боулдинг. Экономика будущего космического корабля "Земля": в
книге "Качество окружающей среды в условиях экономического роста"
Kenneth E. Boulding, "The Economics of the Coming Spaceship Earth" in

После продолжительного обсуждения мы решили обозначить показанное на рисунках 46 и 47 состояние системы с постоянными населением и капиталом термином "равновесие". Равновесие означает баланс, или равенство противоборствующих сил. В терминах динамической модели мира такими противоборствующими силами являются, с одной стороны, те, которые приводят к увеличению численности населения и запасов капитала (высокий желаемый размер семьи, низкая эффективность средств контроля над рождаемостью, высокий темп инвестирования в развитие капитальной базы), и, с другой стороны, те, которые вызывают уменьшение численности населения и запасов капитала (недостаток продуктов питания, загрязнение окружающей среды, высокий темп амортизации или старения капитала). Под термином "капитал" необходимо понимать объединенный капитал секторов услуг, промышленного производства и сельского хозяйства. Таким образом, наиболее общее определение состояния глобального равновесия можно сформулировать следующим образом: население и капитал являются в общем виде устойчивыми, причем силы, содействующие их увеличению, и силы, содействующие уменьшению, находятся в четко контролируемом управляемыми механизмами равновесии.

Это определение задает состояние равновесия неоднозначно. Мы требуем лишь постоянства численности населения и запасов капитала, но это постоянство может иметь место как при высоком уровне обеих величин, так и при низком, или даже при высоком уровне одной из них и низком уровне другой. Заданный уровень воды в емкости может поддерживаться как при мощных, так и при едва заметных, в виде капель, притоке и оттоке воды. При мощных потоках усредненная капля воды будет проводить в емкости меньше времени, чем при слабых. Аналогичным образом устойчивая численность населения при любом уровне может обеспечиваться либо при высоких значениях равных друг другу темпов рождаемости и смертности (короткая средняя продолжительность жизни), либо при низких (длинная средняя про-

Environmental Quality in a Growing Economy, ed. H. Jarret, Baltimore, Md.: Johns Hopkins Press, 1966).

Е. Дж. Мишан. Стоимость экономического роста (E.J. Mishan, The Costs of Economic Growth, New York: Frederick A. Praeger, 1967).

Герман Е. Дали. К экономике равновесного состояния: в сб. "Терпеливая Земля" (Herman E. Daly "Toward a Stationary-State Economy" in the Patient Earth, ed. J.Harte and Robert Socolow, New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1971).

жительность жизни). Объем капитала может поддерживаться на одном уровне как при высоких, так и при низких значениях темпов инвестирования и амортизации капитала. Твой набор таких условий соответствует нашему общему определению глобального равновесия.

Каким критерием следует пользоваться при выборе какого-либо одного состояния равновесия из возможного набора?

Анализ имеющихся в мировой системе динамических взаимодействий показывает, что прежде всего необходимо определиться в отношении времени. Как долго должна система оставаться в состоянии равновесия? Если общество интересует интервал времени длительностью полгода или год, то, как показывает модель мира, на такой срок можно обеспечить тем необходимым почти любые уровни численности населения и запасов капитала. Если же временной горизонт разинуть до 20 или 50 лет, то возможности резко сокращаются, так как возникает необходимость регулирования темпов и уровней системы для обеспечения условий, при которых на протяжении всего этого периода рост капиталовложений не выйдет на ограничения, связанные с недостатком ресурсов, или мертвость не станет бесконтрольно расти из-за загрязнения окружающей среды и недостатка продуктов питания. Чем длиннее желательный для общества период состояния равновесия, тем меньшими должны быть темпы роста и уровни системы.

В конечном счете никакие уровни населения и капитала не могут существовать вечно, но если рационально управлять ресурсами и если временной горизонт планирования достаточно велик, этот предел очень удален во времени. Давайте возьмем в качестве разумной величины временного горизонта ожидаемую продолжительность жизни ребенка, который рождается завтра: 70 лет при условии нормального обеспечения его продуктами питания и медицинским обслуживанием. Большая часть населения затрачивает на воспитание и выращивание детей значительную часть своего времени и усилий, поэтому вполне резонно предположить, что эти люди могут как минимум поставить своей целью передачу этим детям общества в таком виде, который обеспечил бы им существование на протяжении всего периода их жизни.

Если выбранный временной горизонт существования общества составляет 70 лет, то допустимые значения численности населения и запасов капитала не могут существенно отличаться от их сегодняшних значений, как следует из ком-

пьютерного расчета равновесного состояния, показанного на рисунке 47 (который, конечно, демонстрирует лишь один из возможных вариантов развития). Однако темпы значительно отличались бы от их сегодняшних величин. Несомненно, любое общество предпочло бы низкий темп смертности высокому, ведь вполне естественным является желание любого человека прожить в здравии долгую жизнь. Но для обеспечения равновесия при большом значении ожидаемой продолжительности жизни необходимо также иметь и низкий темп рождаемости. Кроме того, было бы лучше всего, если бы темпы инвестирования и амортизации капитала также были низкими, так как чем они ниже, тем меньше истощение ресурсов и ниже уровень загрязнения окружающей среды. Но сведение к минимуму истощения ресурсов и загрязнения окружающей среды привело бы к увеличению либо максимально допустимых уровней численности населения и запасов капитала, либо длительности временного интервала, на протяжении которого можно сохранить состояние равновесия в зависимости от того, какой из этих целей общество отдало бы предпочтение.

Задав довольно большой временной интервал существования равновесного состояния и одновременно с этим выдвинув в качестве одной из целей общества обеспечение большой средней продолжительности жизни населения, мы определили некоторый минимальный набор требований, которым должно отвечать такое состояние глобального равновесия. Вот эти требования:

1. Суммарные величины запасов капитала и численности населения имеют постоянное значение. Темп рождаемости равен темпу смертности и темп инвестирования равен темпу амортизации капитала.

2. Все, скорости, увеличения, и, уменьшения уровней системы - количество рождений и смертей, инвестиции и амортизация капитала, поддерживаются на минимальном уровне.

3. Уровни запасов капитала и численности и соотношения между ними определяются в соответствии со сложившейся в обществе системой общечеловеческих ценностей. Они могут сознательно пересматриваться и постепенно модифицироваться по мере того, как повышение уровня технического прогресса будет открывать новые возможности.

Определенное таким образом равновесие не означает упадка. Не нарушая первых двух условий, часть корпораций могла бы разрастаться или, наоборот, сворачивать свою деятельность, численность населения отдельных регионов могла

бы увеличиваться или уменьшаться, доход мог бы распределяться более или менее равномерно. Рост уровня технического прогресса мог бы обеспечить постепенное наращивание объема услуг, производимых на базе неизменного объема капитала. Не нарушая третьего условия, любая страна могла бы изменить уровень жизни путем изменения соотношения между своим населением и своим капиталом. Более того, отдельная страна могла бы приспособливаться к меняющимся внутренним и внешним факторам путем увеличения или снижения либо численности населения, либо запасов капитала, либо и того и другого вместе, идя навстречу сознательно поставленной цели низкими темпами и в управляемом режиме. Три перечисленных выше условия определяют динамическое равновесие, которое вовсе не требует и скорее всего так раз не пойдет по пути "замораживания" сложившегося в мире в настоящее время соотношения между населением и капиталом. Принятие этих трех условий означало бы представление обществу свободы, а не облачение его в смирильную рубашку.

Какой стала бы жизнь в таком равновесном состоянии? Будет ли задушена инициатива? Будет ли общество обречено на неизменность существующих образцов неравенства и неправедливости в том виде, в каком мы наблюдаем их сегодня?

Обсуждение этих вопросов может проводиться только на основании мысленных моделей, так как не существует формальной модели социальных условий состояния равновесия человеческого общества. Никто не может предсказать, какие новые институты были бы созданы человечеством в этих новых условиях. И конечно, нет никаких гарантий того, что новое общество было бы во многом лучшим или хотя бы во многом отличным от того, которое существует сегодня. Однако вполне возможно, что общество, освободившееся от необходимости бороться со множеством порождаемых ростом проблем, могло бы направить всю высвободившуюся энергию и изобретательность на решение других проблем. Мы действительно уверены (и проиллюстрируем это ниже), что такая эволюция общества, при которой высоко ценятся новые идеи и технический прогресс, при которой в основе общества лежат равенство и справедливость, осуществима со значительно большей вероятностью в состоянии глобального равновесия, чем в том состоянии роста, в котором мы пребываем сегодня.

РОСТ В СОСТОЯНИИ РАВНОВЕСИЯ

В 1857 году Джон Стюарт Милль писал:

Едва ли необходимо напоминать, что равновесное состояние капитала и населения не предполагает равновесного состояния в развитии человеческой личности. Небывало широким стал бы диапазон различных мировоззрений и возможностей для морального и социального прогресса; столь же широкими были бы возможности по совершенствованию искусства жизни и во много раз возросла бы вероятность реализации этих возможностей на практике [49].

Численность населения и размер капитала являются единственными величинами, которые должны оставаться постоянными в равновесном состоянии. Любой вид человеческой деятельности, который не требует больших затрат незамещаемых ресурсов и не вызывает серьезного ухудшения состояния окружающей среды, мог бы продолжать эволюционировать в режиме роста неопределенно долго. Условия равновесного состояния были бы особенно благоприятными для расцвета таких видов деятельности, которые, по мнению многих людей, можно было бы поставить на первое место в иерархии наиболее желательных и приносящих наибольшее удовлетворение. Среди них образование, искусство, музыка, религия, фундаментальные научные исследования, занятия спортом и всевозможные социальные мероприятия.

Все перечисленные выше виды деятельности находятся в очень сильной зависимости от двух факторов. Во-первых, они зависят от наличия некоторого дополнительного произведенного продукта сверх того количества, которое необходимо для удовлетворения основных потребностей человека в пище и убежище. Во-вторых, они зависят от наличия свободного времени. В любом равновесном состоянии можно было бы отрегулировать относительные уровни капитала и населения таким образом, что будет обеспечено удовлетворение человеческих потребностей на любом желаемом уровне. Так как объем выпуска материальной продукции был бы в основном фиксированным, любое усовершенствование способа производства приводило бы к прибавке свободного времени у населения - свободного времени, которое можно было бы посвятить любому виду деятельности, не связанному с дополнительным потреблением ресурсов или загрязнением окружающей среды, например одному из перечисленных ранее. Таким образом, можно было бы избежать той неприятной ситуации, которую описал Берtrand Рассел:

Предположим, что в некоторый заданный момент времени определенное число людей занято в производстве булавок. Они производят ровно столько булавок, сколько их требуется во всем мире, работая, скажем, восемь часов в день. Затем кто-то внедряет изобретение, которое позволяет тому же числу людей производить в два раза больше булавок, чем раньше. Но миру нужно в два раза больше булавок. Булавки уже настолько дешевы, что люди после снижения цены на них будут покупать больше. В воображаемом мире в этом случае все занятые в производстве булавок люди стали бы работать четыре часа вместо восьми, а все остальное продолжало бы осуществляться так же, как и раньше. Но в реальном мире такое действие сочли деморализующим. Люди продолжают работать восемь часов, булавок становится слишком много, часть владельцев предприятий разоряется, и половина людей, ранее занятых в производстве булавок, оказывается уволенной с работы. В конце концов свободного времени остается столько же, сколько и при предыдущем режиме производства, но половина людей полностью лишена всякой работы, в то время как другая половина перерабатывает сверх нормы. Таким образом, получается, что неизбежное появление свободного времени станет причиной повсеместного несчастья, вместо того, чтобы стать источником всеобщего счастья. Можно ли вообразить что-нибудь более безумное? [50].

Но будет ли возможным появление новых технических совершенствований, позволяющих осуществлять выпуск булавок или чего-либо иного с более высокой производительностью, в мире, где все основные материальные потребности полностью удовлетворяются, а увеличение объема материального производства запрещено? Должен ли человек обязательно либо бояться ухудшения условий своего существования, либо стремиться к увеличению своего материального благосостояния для того, чтобы у него был стимул к изобретению более совершенных способов осуществления своей деятельности?

Как свидетельствует история, практически отсутствуют какие-либо крупные открытия, сделанные людьми, вынужденными тратить всю свою энергию на решение насущных проблем борьбы за выживание. Атомная энергия была открыта в лабораториях, занимающихся фундаментальными исследованиями, людьми, которые даже не подозревали ни о какой угрозе исчезновения ископаемых видов топлива. Первые генетические эксперименты, которые сто лет спустя привели к получению высокоурожайных сельскохозяйственных культур, происходили в тишине расположенного в Европе монастыря. Возможно, необходимость удовлетворения насущных нужд человечества и заставляла развивать прикладные аспекты

ты этих фундаментальных открытий и использовать их для решения практических задач, но только освобождение от заботы о насущном создавало условия для рождения фундаментальных знаний, необходимых для решения этих практических задач.

В условиях равновесного состояния технический прогресс будет необходим и желателен. Вот несколько наиболее очевидных примеров возможных открытий, которые сделали бы более совершенным существование общества в условиях равновесного состояния:

- новые методы сбора и обработки отходов, обеспечивающие снижение загрязнения окружающей среды и их подготовку ко вторичной переработке;
- более эффективные методы вторичной переработки отходов, обеспечивающие снижение темпа истощения ресурсов;
- усовершенствование дизайна промышленной продукции, обеспечивающее им более длительный срок службы и простоту ремонта, что содействовало бы снижению до минимума темпа амортизации капитала;
- использование наиболее чистого в отношении загрязнения окружающей среды источника энергии - естественного потока солнечной энергии;
- использование методов естественного регулирования количества насекомых на полях, основанное на более полном понимании экологических взаимозависимостей;
- разработка медицинских мероприятий, содействующих снижению темпа смертности;
- разработка противозачаточных средств, использование которых содействовало бы выравниванию темпа рождаемости со снижающимся темпом смертности.

Что касается стимула, который способствовал бы появлению у человека стремления делать новые открытия, то что могло бы быть лучшим стимулом, чем уверенность в том, что новая идея воплотится в реальное заметное улучшение качества жизни? Исторически так сложилось, что сделанные человечеством изобретения принесли с собой такие явления, как скученность населения, загрязнение окружающей среды и усиление социального неравенства из-за того, что возросшая в результате появления этих изобретений эффективность производства была полностью поглощена ростом населения и капитала. Нет причин, по которым нельзя было бы трансформировать более высокую эффективность произ-

водства в более высокий уровень жизни, или в большее количество свободного времени, или в обеспечение более приятной окружающей среды для всех, если вместо роста в качестве основного ценностного ориентира общества будут поставлены вышеуказанные цели.

СОЦИАЛЬНОЕ РАВЕНСТВО В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ

Один из наиболее широко распространенных в нашем современном обществе мифов заключается в обещании того, что продолжение роста по существующему в настоящее время образцу приведет человечество к социальному равенству. Мы уже показывали в нескольких разделах этой книги, что продление роста численности населения и запасов капитала с сохранением существующих в настоящее время тенденций в действительности увеличивает разрыв между богатыми и бедными в мировом масштабе и что продолжающиеся попытки продления роста с сохранением существующих тенденций в конце концов приведут к катастрофическому краху системы.

Главное препятствие на пути к более равномерному распределению мировых ресурсов - растущая численность населения. Наверное, все согласятся со следующим наблюдением, в отношении которого можно выражать как сожаление, так и понимание: по мере того как увеличивается число людей, среди которых должен распределяться фиксированный объем ресурса, увеличивается и неравенство в его распределении. Равное распределение становится самоубийством для общества, если средняя величина, приходящаяся на человека, является недостаточной для поддержания жизни. Исследования, проведенные Продовольственной и сельскохозяйственной организацией объединенных наций (FAO), документально подтверждают это общее наблюдение:

Анализ кривых распределения показывает, что в случае, когда обеспечение продуктами питания какой-либо группы населения снижается, неравенство в потреблении становится более ярко выраженным, а число не получающих нормального питания семей возрастает больше, чем в пропорции с отклонением от среднего. Более того, дефицит потребления продуктов питания увеличивается еще больше с ростом размера семьи, так что большие семьи, и в особенности дети в этих семьях, статистически являются наиболее вероятными претендентами на недостаточное обеспечение продуктами питания [51].

В состоянии долгосрочного равновесия относительные уровни численности населения и капитала, а также их соотношения с фиксированными величинами - запасами земельных площадей, питьевой воды и минеральных ресурсов-должны быть заданы таким образом, чтобы производство продуктов питания и промышленных товаров было достаточным для поддержания существования всего населения на уровне по крайней мере жизнеобеспечения. Таким образом, в равновесном состоянии было бы устранено первое препятствие на пути к равному распределению. Более того, в равновесном состоянии стало бы невозможным использование и другого серьезного препятствия на пути к равенству - обещания роста, способного "решить" проблемы неравенства. Вот как об этом пишет Герман Е. Дали (Herman E. Daly):

По целому ряду причин в равновесном состоянии более важными становятся не вопросы производства, а вопросы распределения. При обсуждении проблемы неравного относительного владения имуществом исчезает возможность ссылаться на возможность ее разрешения за счет дальнейшего роста. Невозможным становится использование этого аргумента, что во владении имуществом рост абсолютной доли человека уже должен сделать его счастливым, вне зависимости от относительной доли по сравнению с другими... Состояние равновесия порождало бы намного меньший спрос на материальные ресурсы и намного больший спрос на наши моральные ресурсы [52].

Конечно, нет полной гарантии того, что моральные ресурсы человечества окажутся достаточными для решения проблемы распределения доходов даже в равновесном состоянии. Однако еще меньше гарантий можно дать в отношении того, что такие социальные проблемы будут решены при сохранении существующего состояния роста, который истощает как моральные, так и материальные ресурсы человечества.

Представленная здесь картина равновесного состояния, конечно, является идеализированной. Его достижение в той форме, которая описана здесь, может оказаться вообще невозможным, и сама эта форма может быть отвергнута большинством населения Земли. Единственной целью, ради которой здесь вообще описывается это состояние, является стремление показать, что глобальное равновесие не означает конец прогресса или развития человечества. Возможности, которые открывает перед человечеством равновесное состояние, почти беспредельны.

Равновесное состояние не будет полностью лишенным всяких проблем, так как не бывает такого общества, у кото-

рого их не было. Равновесие потребовало бы отказа от некоторых свобод личности, таких, как свобода иметь неограниченное количество детей или потреблять перегулируемые объемы ресурсов, и получения взамен других свобод, таких, как освобождение от необходимости жить в загрязненной окружающей среде, находиться в местах плотного скопления людей, освобождение от угрозы краха всей мировой системы. Возможно, появятся и новые свободы - всеобщее и неограниченное образование, свободное время для умственного созиадания и изобретательства и, возможно, самая важная из всех свобод - свобода от голода и нищеты, которой сегодня пользуется лишь малая часть населения мира.

ПЕРЕХОД ОТ РОСТА К ГЛОБАЛЬНОМУ РАВНОВЕСИЮ

О конкретных практических шагах, которые необходимо было бы предпринять для достижения желаемого состояния глобального равновесия, на данном этапе мы можем сказать очень мало. Ни рассматриваемая здесь модель мира, ни наши собственные знания не достаточны для формирования представления обо всех возможных сложностях переходного периода от роста к равновесию. Перед тем как какая-нибудь часть мирового сообщества приступит к сознательному осуществлению такого перехода, обязательно должно состояться более широкое обсуждение, более глубокое изучение всех этих вопросов с учетом многих новых идей, которые могут быть предложены самыми разными людьми. Если нам удалось заставить каждого читателя этой книги задуматься о том, каким образом можно было бы осуществить такой переход, мы можем считать свою первую задачу выполненной.

Конечно, для управления переходом к глобальному равновесию потребуется намного больше информации. В процессе отбора данных по мировому развитию для включения их в структурированную модель мы столкнулись с большой нехваткой *фактических данных* - численных значений величин, чии, которые с научной точки зрения являются измеримыми, но которые пока никто не измерял. Наиболее явные провалы в существующих в настоящее время знаниях приходятся на сектор модели, описывающий процессы загрязнения окружающей среды. Сколько времени требуется каждому

конкретному загрязнителю для прохождения пути от его выброса до момента попадания в человеческий организм? Зависит ли время, которое требуется окружающей среде для обезвреживания загрязнителя, от уровня загрязнения среды? Оказывают ли несколько разных загрязнителей, действуя совместно, синергическое воздействие на здоровье человека? Какое долгосрочное воздействие на человека и другие живые организмы оказывают малые дозы загрязнителей? Также неполными являются данные о скорости эрозии почв и разрушения плодородных земель вследствие использования современных интенсивных сельскохозяйственных технологий.

Глядя на информационное обеспечение модели с нашей собственной точки зрения, мы, конечно, рекомендовали бы осуществлять сбор информации не произвольным образом, а руководствуясь необходимостью уделять значительно больше внимания определению *структуре системы*. Поведение всех сложных социальных систем определяется в первую очередь сложным переплетением физических, биологических, психологических и экономических соотношений, которые связывают друг с другом население, его экономическую деятельность и окружающую его природную среду. Эффективное управление нашими социально-экономическими системами будет невозможным до тех пор, пока их основные структуры не будут досконально изучены, так же, как невозможно поддерживать автомобиль в хорошем состоянии, не зная, каким образом многие детали, из которых он состоит, влияют друг на друга. Изучение структуры системы может показать, что включение в нее одного простого стабилизирующего механизма обратной связи станет решением сразу многих проблем. В этом ключе уже было сделано несколько интересных предложений, например о том, что суммарная стоимость борьбы с загрязнением окружающей среды и расточительным потреблением ресурсов должна быть включена в цену производимого продукта или что любой пользователь речной воды должен размещать водозаборную трубу ниже по течению от своей трубы, через которую в реку сливаются отходы.

И наконец, последний, наименее четкий, но одновременно наиболее важный вид требуемой информации относится к системе общечеловеческих ценностей. Как только общество осознает, что оно не может делать максимальным все для всех, ему придется начинать делать выбор: следует ли иметь больше людей или больше богатства, больше дикой природы или больше автомобилей, больше пищи для бедных или больше услуг для богатых? Изучение обществен-

ного мнения по этим вопросам и его перевод на язык стратегий развития составляют сущность политического процесса. И тем не менее мало кто из людей вне зависимости от того общества, в котором они живут, хотя бы отдает себе отчет в том, что такой выбор совершаются каждый день, и еще меньше людей задаются вопросом, каким был бы их выбор. Общество в равновесном состоянии будет вынуждено взвешивать разные альтернативы и осуществлять выбор, обусловленный конечностью Земли, и учитывать при этом не только существующую систему общечеловеческих ценностей, но также и предполагаемые взгляды будущих поколений. Для осуществления такого выбора обществу потребуются более совершенные методы, чем те, которыми оно пользуется сегодня, для анализа возможных альтернатив развития, постановки целей перед обществом и реализации тех альтернатив, которые будут в наибольшей степени соответствовать поставленным целям. Но самое важное значение будет иметь постановка долгосрочных целей и приведение краткосрочных целей в соответствие с ними.

Хотя мы продолжаем оставаться сторонниками необходимости проведения дополнительных исследований и обсуждений этих сложных проблем, тем не менее нам хотелось бы еще раз подчеркнуть необходимость их безотлагательного решения. Мы надеемся, что активная исследовательская работа и дискуссии по этим проблемам будут осуществляться параллельно с конкретной программой действий. Она пока не определена детально, но основное ее направление очевидно. Уже накоплено достаточно знаний для анализа многих предлагаемых стратегий развития в свете их содействия либо росту, либо его ограничению. Во многих странах приняты или принимаются программы стабилизации численности населения. В некоторых ограниченных регионах предпринимаются попытки спасти темп экономического роста [53]. На сегодняшний день эти усилия слабы, но если бы значительная часть человеческого общества приняла равновесное состояние в качестве желаемой и приоритетной цели своего развития, то эти усилия могли бы очень быстро набрать силу.

Мы неоднократно подчеркивали важность естественных запаздываний в мировой системе "население-капитал". Их наличие приводит к тому, что, например, если бы темп рождаемости в Мексике постепенно снижался по сравнению со своим сегодняшним значением и к 2000 году стал бы в точности равен величине замещения (когда рождается людей ров-

но столько же, сколько и умирает), население страны продолжало бы расти до 2060 года. За это время численность населения выросла бы с 50 до 130 миллионов человек [54]. Если бы население Соединенных Штатов Америки решило начиная с сегодняшнего дня иметь по 2 ребенка на семью и если бы чистая иммиграция населения стала равной нулю, численность населения все равно продолжала бы расти до 2007 года и увеличилась бы с 200 до 266 миллионов человек [55]. Если бы все население земного шара начиная с 2000 года поддерживало размер семьи на уровне замещения умирающего населения (а к этому времени численность населения составила бы уже 5,8 млрд человек), то запаздывания, порождаемые существующей возрастной структурой населения, привели бы к прекращению роста численности населения на значении 8,2 млрд (в предположении, что темп смертности не увеличится раньше, чем наступит момент достижения этого нового значения, - маловероятное предположение, если учесть результаты наших модельных расчетов).

Если не принимать никаких мер для решения этих проблем, это будет равносильно принятию очень категоричных мер противоположного характера. Каждый дополнительный день экспоненциального роста продвигает мировую систему все ближе и ближе к пределам роста. Решение не предпринимать никаких действий эквивалентно решению увеличить риск наступления краха системы. Мы не можем с определенностью сказать, сколько еще времени человечество может откладывать принятие мер по сознательному ограничению роста до того момента, когда оно будет уже лишено возможности регулировать рост. Мы подозреваем, исходя из имеющихся знаний о существующих физических ограничениях на нашей планете, что эта фаза роста не может быть продолжена за пределы следующих ста лет. Из-за наличия в системе запаздываний, если общество дождется того момента, когда эти ограничения станут явными, будет уже слишком поздно.

Но если есть повод для серьезного беспокойства, значит, есть повод и для надежды. Сознательное ограничение роста - трудная задача, но не невыполнимая. Путь, по которому следует идти, ясен, а сделать необходимые шаги, хотя они являются и новыми для человеческого общества, вполне ему по силам. Человек владеет на короткое мгновение своей истории самым мощным, когда-либо известным миру сочета-

нием знаний, инструментов и ресурсов. У него есть все, что является физически необходимым для создания совершенно новой формы человеческого общества, которое, будь оно построено, увидело бы смену многих поколений людей. Не хватает двух составляющих - реалистической долгосрочной цели, которая может обеспечить выход человечества в общество равновесия, и стремления человечества к достижению этой цели. Без такой долгосрочной цели и без такого стремления человечества достичь ее верх будут брать краткосрочные стремления, порождающие экспоненциальный рост, который будет толкать мировую систему к предельным порогам земного шара и в конце концов к ее краху. А при наличии такой долгосрочной цели и стремления достичь ее человечество было бы уже сейчас готово начать контролируемый, упорядоченный переход от роста к глобальному равновесию.

КОММЕНТАРИЙ

Приглашая группу ученых из МТИ для проведения этого исследования, мы преследовали две непосредственные цели. Первая - получение более полных знаний о пределах нашей мировой системы и о тех ограничениях, которые она накладывает на рост численности населения и расширение его деятельности. В настоящее время, более чем когда бы то ни было ранее, жизнедеятельность человека связана с непрерывным, часто ускоряющимся ростом - численности населения, плотности заселения, производства и потребления, скопления отходов и т.д. При этом человек слепо полагает, что окружающая среда не будет препятствовать такому росту, что другие группы населения уступят ему, или что наука и техника устроят все препятствия на его пути. Мы хотели определить, в какой степени тенденция роста может быть совместима с конечными размерами нашей планеты и с основными устремлениями нашего развивающегося общества, начиная от снижения социальной и политической напряженности и кончая улучшением качества жизни для всех живущих на Земле людей.

Вторая цель - содействие выявлению и изучению наиболее существенных элементов мировой системы, влияющих на ее долгосрочное поведение, а также взаимодействий между ними. Мы уверены, что такие знания не могут быть получены в ходе изучения национальных систем или анализа краткосрочных явлений, что характерно для существующей исследовательской практики. Этот проект не задумывался как футурологическое исследование. Он задумывался и соответственно был реализован как исследование, направленное на изучение существующих тенденций развития, их влияния друг на друга и их возможных последствий. Мы ставили своей целью предупредить мир о потенциальной угрозе наступления мирового кризиса в случае, если этим тенденциям позволить развиваться и дальше, и, таким образом, открыть возможность для изменения политической, экономической и социальной систем в таком направлении, которое могло бы предотвратить этот кризис.

Доклад полностью отвечает сформулированным требованиям. Он является смелым шагом на пути всестороннего и целостного анализа обстановки в мире, демонстрирует новый подход, дальнейшее углубление и

расширение которого потребует еще нескольких лет. Этот доклад - лишь первый шаг. Рассматриваемые в нем пределы роста представляют собой лишь известные максимальные физические пределы как следствие того, что мир является конечным. В действительности эти пределы еще уже из-за наличия дополнительных политических, социальных и организационных ограничений, из-за неравномерного распределения на земном шаре населения и ресурсов, а также из-за нашей неспособности управлять большими и сложными системами.

В докладе рассматриваются и другие проблемы. Он расширяет спектр наших представлений о будущем состоянии мира и открывает новые перспективы для научной и практической деятельности, направленной на формирование этого будущего.

Описанные в докладе результаты были представлены нами на двух международных совещаниях. Оба проходили летом 1971 года - одно в Москве, другое в Рио-де-Жанейро. Хотя задавалось много вопросов и высказывалось много критических замечаний, несогласных по существу с высказанными в этом докладе точками зрения не было. Предварительный вариант доклада был разослан в сорок адресов, в основном членам Римского клуба, для последующего получения их комментариев. Возможно, читателю будет интересно познакомиться с перечисленными ниже основными критическими замечаниями:

1. Вследствие того что модели могут включать в себя лишь ограниченное количество переменных, исследуемые взаимодействия всегда являются лишь частичными. Кроме того, отмечалось, что при использовании глобальной модели, к которой относится и наша модель, обязательно имеет место высокая степень обобщения рассматриваемых процессов. И тем не менее всеми было признано, что при помощи простой модели мира можно проводить исследование последствий, вызванных изменением основных предположений, лежащих в основе функционирования системы, или последствий, вызванных изменением принятой стратегии развития, для того, чтобы увидеть, каким образом эти изменения влияют на поведение системы во времени. Проведение аналогичных исследований на объектах реального мира потребовало бы длительного времени, всевозможных затрат, а во многих случаях было бы вообще невозможным.

2. Было высказано мнение о недооценке возможностей решения определенных проблем за счет внедрения научных и технических достижений, таких, как разработка надежных противозачаточных средств, производство яичек из ископаемых видов топлива, освоение новых, почти безграничных источников энергоресурсов (включая не вызывающую загрязнения окружающей среды солнечную энергию и ее последующее использование в процессе синтеза продуктов питания из воздуха и воды, а также для добычи минералов из обычного камня). Однако все согласились, что эти открытия, ероятно, будут сделаны слишком поздно для того, чтобы предотвратить демографическую или экологическую катастрофу. В любом случае они скорее

лишь отсрочат, нежели предотвратят наступление кризиса, так как среди мировых проблем есть такие, для решения которых только технических средств недостаточно.

3. По мнению ряда специалистов, возможности разведки залежей сырья в недостаточно исследованных на сегодняшний день регионах намного выше, чем это предполагалось в модели. Но такие открытия лишь отсрочили бы наступление сырьевого кризиса, но не предотвратили бы его. Однако необходимо осознавать, что продление срока использования ресурсов на несколько десятилетий могло бы дать человечеству дополнительное время, необходимое для решения стоящих перед ним проблем.

4. Некоторые специалисты сочли модель слишком "технократичной", отмечая, что в ней отсутствуют важные социальные факторы, такие, как последствия замены одной системы ценностей на другую. Председатель Московской встречи кратко изложил эту мысль в следующих словах: "Человек - не просто биокибернетическое устройство." С этой критикой все согласились. Настоящая модель рассматривает человека лишь как часть материальной системы по той причине, что социальные элементы не могли быть адекватно представлены и включены в рассмотрение в ходе этой первой попытки проведения подобного исследования. Однако, несмотря на материальную ориентацию модели, полученные в ходе исследования выводы указывают на необходимость внесения коренных изменений в систему ценностей нашего общества.

В целом большинство из тех, кто прочел этот доклад, разделяют изложенные в нем точки зрения. Более того, совершенно ясно, что если представлена в докладе аргументацию (даже с учетом оправданной критики) считать верной в принципе, то значение представленной работы вряд ли можно переоценить.

Многие из тех, кто ознакомился с этим докладом, разделяют нашу точку зрения на то, что наибольшая значимость проекта заключается в его глобальной концепции, так как именно через понимание целого мы обретаем понимание составляющих его частей и наоборот. В докладе представлены в доступной форме альтернативные пути развития не только одной страны или народа, но и всех стран и всех народов, тем самым заставляя читателя поднять свой взгляд на уровень мировой проблематики. Недостатком такого подхода, конечно, является то, что, при имеющей место неоднородности мирового сообщества, различающихся национальных, политических системах и уровнях развития полученные в ходе этого исследования выводы, хотя они и являются верными по отношению ко всей нашей планете в целом, не распространяются конкретно ни на одну отдельно взятую страну или регион.

Верно и то, что в реальном мире серьезные проблемы возникают нерегулярно и в местах, где имеет место высокая социальная напряженность, а вовсе не сразу на всей планете. Таким образом, если бы даже из-за инертности людей и трудностей решения политических проблем те

следствия, о которых предупреждает модель, стали неизбежными, то начиная они, несомненно, проявились бы в виде серии локальных кризисов и катастроф.

Однако с неменьшей степенью достоверности можно утверждать и то, что эти кризисы эхом прокатились бы по всему миру и многие страны и народы, принимая собственные поспешные корректирующие меры или переходя к изоляционизму и пытаясь наладить режим самообеспечения, лишь усугубили бы состояние всей системы в целом. Существующая взаимозависимость между различными компонентами мировой системы свела бы такие меры на нет. Война, эпидемия, развал экономики промышленно развитых стран в результате сырьевого голода или общий упадок мировой экономики распространились бы на весь мир и привели бы к полному социальному распаду.

И наконец, особенная ценность доклада заключается в том, что он выяснил экспоненциальную природу роста численности населения Земли в условиях замкнутой системы. Эта концепция, которая редко должным образом исследовалась или хотя бы упоминалась в практике принятия решений, несмотря на ее колossalную значимость в отношении будущего нашей планеты. Проект МТИ дает обоснованное системное объяснение тех тенденций развития, о которых люди имеют весьма смутное представление.

Пессимистические выводы доклада были и еще, несомненно, будут пищей для дискуссий. Многие будут утверждать, что, например в случае роста численности населения природа сама предпримет необходимые меры и темпы рождаемости упадут до наступления того момента, когда появится угроза катастрофы. По мнению других, реализация выявленных в ходе этого исследования стратегий управления тенденциями развития просто-напросто находится за пределами человеческих возможностей. Эти люди будут ждать, пока "что-нибудь произойдет". Третья группа людей будет надеяться на то, что небольшие корректировки уже принятых стратегий приведут к постепенной и удовлетворительной переориентации общества и, возможно, к достижению равновесного состояния. И оставшееся подавляющее большинство людей склонно полностью довериться техническому прогрессу с его предполагаемым "рогом изобилия" - панацеей решения всех проблем.

Мы приветствуем и всячески поощряем эти дискуссии. С нашей точки зрения, очень важным является получение представления об истинном масштабе кризиса, перед лицом которого оказалось человечество, и серьезности тех проблем, с которыми, вероятно, ему придется столкнуться в течение ближайших десятилетий.

Судя по откликам на разосланный предварительный вариант доклада, мы можем быть уверены, что эта книга заставит многих людей (и их число будет неизменно расти) совершенно искренне задаться вопросом о том, не накопил ли существующий рост уже сейчас такой запас количества движения, который заставит его превысить несущую способность нашей планеты и

представить себе те внушающие ужас альтернативы развития, которые такое превышение несет для нас, наших детей и наших внуков.

Как оцениваем этот доклад мы, спонсоры этого проекта? Мы не можем говорить с определенностью за всех наших коллег по Римскому клубу. Многие из них имеют отличающиеся друг от друга интересы, предпочтения и суждения. Но, несмотря на предварительный характер этого доклада, на имеющую место неполноту некоторых использованных в проекте данных, а также на сложность, присущую мировой системе, которую авторы проекта пытаются описать, мы убеждены в важности основных выводов этого доклада. В нем содержится не просто анализ соотношений разных мировых величин, а более значимые и глубокие выводы, имеющие непосредственное отношение ко всем аспектам существующего сложного положения, в котором оказалось человечество.

Хотя мы можем высказать здесь лишь свои предварительные точки зрения, признавая, что они еще нуждаются в значительном обдумывании и упорядочении, тем не менее приходится согласиться со следующими выводами:

1. Мы убеждены, что осознание количественных ограничений возможностей окружающей природной среды и трагических последствий превышения их предельного уровня является необходимой отправной точкой для возникновения новых форм мышления, которые приведут к основательному пересмотру существующих образцов человеческого поведения и как следствие всего существующего на сегодняшний день общественного устройства.

Только теперь, когда численность населения и запасы капитала на планете достигли беспрецедентно высоких уровней и когда человек начал понимать механизм взаимодействия между демографическим и экономическим ростом, ему приходится сталкиваться с необходимостью учитывать ограниченные размеры своей планеты и накладываемые вследствие этого ограничения на численность населения и масштабы его деятельности на планете. Впервые жизненно важным стал вопрос о плате за ничем не ограниченный материальный рост и об альтернативах этому росту.

2. Мы также убеждены, что мировая демографическая нагрузка достигла такого высокого уровня и вдобавок к этому настолько неравномерно распределена, что одного этого уже должно быть достаточно, чтобы заставить человечество всячески стремиться к состоянию равновесия на нашей планете.

Еще существуют области с чрезвычайно малой заселенностью; но, если рассматривать мир в целом, все ближе и ближе становится критическая точка роста численности населения, если не сказать что она уже достигнута. Конечно, не существует однозначного, оптимального, долгосрочного уровня численности населения на земном шаре; скорее имеется целый набор соотношений между уровнями численности населения, социальными и материальными нормами, свободами личности, и другими элементами, составляющими в совокупности понятие качества жизни. При данном нам

личном и постоянно убывающем запасе невозобновимых ресурсов и личном пространстве нашей планеты все должны признать, что растущее число людей будет в конце концов подразумевать снижающийся уровень жизни, а также целый спектр более сложных проявлений мировой проблематики. С другой стороны, переход демографического роста в равновесное состояние не затронул бы ни одного фундаментального элемента биоцелевической системы ценностей.

3. Мы признаем, что мировое равновесное состояние может стать реальностью только в случае, если во всех так называемых развивающихся странах уровень жизни будет существенно повышен как в абсолютном выражении, так и по отношению к развитым в экономическом отношении странам, и мы подтверждаем, что такое улучшение может быть осуществлено только через выработку и реализацию глобальной стратегии развития.

При отсутствии усилий со стороны всего мира существующие неравенство и различия в уровнях экономического развития, которые уже сейчас являются взрывоопасными, будут только усугубляться. Последствия могут быть только катастрофическими, вне зависимости от того, наступят они вследствие эгоизма отдельных стран, которые будут следовать лишь собственным интересам, или вследствие борьбы за мировое влияние между развивающимися и развитыми странами. Мировая система просто-напросто недостаточно вместительна и недостаточно плодородна, чтобы продолжать в течение долгого времени обеспечивать такое эгоцентрическое и конфликтное поведение своих обитателей. Чем ближе мы подходим к материальным пределам планеты, тем более сложной для разрешения будет становиться эта проблема.

4. Мы подтверждаем, что проблема глобального экономического роста настолько тесно переплетена со всеми другими глобальными проблемами, что для ее решения необходимо выработать всестороннюю глобальную стратегию, направленную на решение всей совокупности основных проблем, в особенности проблем взаимодействия человека с окружающей средой.

При величине времени удвоения численности населения мира, чуть превышающей 30 лет и продолжающей уменьшаться, обществу будет очень сложно удовлетворять быстро растущие нужды и ожидания такого большого количества людей, и в нем усилятся стремления к обеспечению большего экономического роста за меньшее время. Велика вероятность того, что мы попытаемся удовлетворять потребности такого роста за счет чрезмерной эксплуатации окружающей среды и, таким образом, за счет снижения жизнеобеспечивающей способности нашей планеты. Следовательно, с обеих сторон связи "человек - окружающая среда" ситуация будет иметь тенденцию к опасному ухудшению. Мы не можем ожидать, что одни только технические решения выведут нас из этого заколдованного круга. Стратегия решения этих двух ключевых проблем - экономического развития и загрязнения окружающей среды - должна быть единой.

5. Мы отдаём себе отчет в том, что вся сложная мировая проблематика в большой степени состоит из элементов, которые не могут быть выражены в измеримых величинах. Тем не менее мы считаем, что без использования лежащего в основе этого доклада количественного подхода исследование динамики отдельных элементов мировой проблематики и взаимодействий между ними было бы просто невозможным. И мы надеемся, что полученные таким образом знания приведут к их пониманию, а значит, и к возможности управлять ими.

Хотя все основные мировые проблемы неразрывно связаны друг с другом, пока еще не открыт метод, который позволял бы эффективно изучать единое целое. Принятый нами подход может оказаться исключительно полезным для формирования новых представлений о сложном положении человечества. Он позволяет нам определять соотношения, которые должны существовать внутри человеческого общества, а также между человеческим обществом и средой, которую оно населяет, и затем наблюдать те последствия, к которым приведет нарушение таких соотношений.

6. Мы едины в убеждении, что быстрая радикальная реорганизация существующей разбалансированности и ухудшающейся мировой обстановки является главной задачей, стоящей перед человечеством.

Однако существующая обстановка настолько сложна и в такой большой степени является следствием разных видов антропогенного воздействия, что никакая комбинация чисто технических, экономических или юридических мероприятий и изобретений не сможет обеспечить ее значительного улучшения. Для того чтобы переориентировать общество с целей роста на цели равновесия, потребуются совершенно новые подходы. Такая реорганизация потребует мобилизации всех мыслительных способностей, воображения, политической и моральной смелости. Мы верим, что такая задача разрешима, и надеемся, что эта книга поможет мобилизовать силы на ее решение.

7. Мобилизация всех сил - задача, которую должно решить наше поколение. Ее нельзя переложить на плечи следующего поколения. Необходимые меры должны быть предприняты решительно и без откладывания на более позднее время, и уже в течение этого десятилетия необходимо добиться значительных успехов на пути переориентации общества с целей роста на цели равновесия.

Хотя на начальном этапе эти усилия могут быть направлены на решение проблем, порождаемых ростом в системе, в особенности ростом численности населения, в скором времени придется заниматься всей мировой проблематикой в целом. В действительности, мы уверены, что совсем скоро станет очевидной необходимость социального обновления, отвечающего техническому обновлению, необходимость радикальных реформ социальных институтов и политических процессов на всех уровнях, включая самый высокий, а именно уровень мирового правления. Мы уверены, что наше

поколение возьмет на себя решение этой задачи, если мы до конца осознаем стратегические последствия, к которым приведет бездеятельность.

8. Мы не сомневаемся, что в случае, если человечество решит идти своим курсом, потребуются согласованные международные меры и совместное долгосрочное планирование в беспрецедентном масштабе.

Такие усилия потребуют совместной деятельности всех народов вне зависимости от их культуры, социально-экономической системы или уровня развития. Но большая ответственность должна лечь на плечи более развитых стран, и не потому, что они имеют лучшее представление об окружающем мире или являются более гуманными, а потому, что, будучи распространителями синдрома роста, они все еще находятся у горизонта прогресса, который его питает. По мере появления более глубоких знаний об условиях и законах функционирования мировой системы эти страны осознают, что в мире, которому безотлагательно необходима стабильность, сохранение достигнутого ими высокого уровня развития можно оправдать или с ним можно примириться, только если этот уровень будет использоваться не как стартовая площадка для более высокого взлета, а как база, с территории которой будет обеспечиваться организация более равномерного распределения доходов и богатств по всему миру.

9. Мы безоговорочно поддерживаем точку зрения о том, что торможение мирового демографического и экономического роста не должно привести к замораживанию статуса-кво экономического развития стран мира.

Если бы предложение о таком замораживании было выдвинуто со стороны богатых стран, его восприняли бы как последний акт неоколониализма. Достижение гармоничного состояния глобального экономического, социального и экологического равновесия должно стать всеобщей целью, основанной на всеобщей убежденности в правильности выбранного пути и выгодах для всех. Руководители развитых в экономическом отношении стран должны будут обладать выдающимися качествами и влиянием, так как именно им придется делать первые шаги на пути сознательного замедления роста материального производства в своих собственных странах и одновременно с этим оказывать помощь развивающимся странам по ускорению развития их национальных экономик.

10. И наконец, мы подтверждаем, что любая осознанная попытка по достижению разумного и долгосрочного состояния равновесия путем осуществления заранее запланированных мер в противоположность случайным попыткам или выходу в состояние равновесия в результате катастрофы должна в конечном итоге опираться на коренное изменение системы ценностей и целей на индивидуальном, национальном и мировом уровнях.

Это изменение, возможно, уже витает в воздухе, хотя оно может быть и едва ощущимым. Но наши традиции, образование, текущая деятельность и сформированные интересы усложняют и замедляют такой переход. Только действительное осознание того бедственного состояния, в котором находится

человечество в этот поворотный момент своей истории, сможет обеспечить достаточную мотивацию для людей, чтобы они пошли на личные уступки и согласились с изменением политических и экономических структур власти, которое необходимо для выхода в состояние равновесия.

Конечно, открытый остается вопрос о том, действительно ли мировая обстановка является настолько серьезной, насколько это следует из данной книги и из наших комментариев. Мы уверены, что высказанные в этой книге предупреждения вполне обоснованы и что следование целям и правилам существующей цивилизации может только усугубить проблемы завтрашнего дня. Мы были бы только счастливы, если бы наши предварительные оценки оказались чрезмерно пессимистическими.

В любом случае наше состояние можно охарактеризовать как сильную заботливость, но не как отчаяние. В докладе описывается альтернатива безудержному и катастрофическому росту в системе и предлагаются некоторые размышления об изменениях в стратегиях развития, которые могли бы привести человечество в состояние устойчивого равновесия. В докладе указывается, что, вероятно, в наших силах будет обеспечить довольно большое по численности население с высоким уровнем материальной жизни плюс возможностями для неограниченного индивидуального и социального развития. Мы в значительной степени разделяем эту точку зрения, хотя являемся достаточно реалистичными людьми и нас нелегко увести в сторону чисто научными или этическими рассуждениями.

Концепция общества в стационарном состоянии экономического и экологического равновесия может показаться легкой для восприятия, хотя его реалии настолько далеки от наших существующих представлений, что, возможно, потребуют коперниковской революции в сознании. Однако на пути от этой идеи к ее воплощению в конкретное дело таятся неимоверные препятствия и трудности. Серьезный разговор о том, с чего начинать, может состояться только после того, как основная идея книги "Пределы роста" и ее атмосфера крайней безотлагательности решения глобальных проблем будут восприняты сознанием большей части научных, политических и общественных кругов во многих странах. Переходный период скорее всего будет болезненным и потребует предельного напряжения человеческой изобретательности и решимости. Как мы отмечали раньше, только убежденность в отсутствии другого пути к выживанию может высвободить моральные, интеллектуальные и созидательные силы, необходимые для осуществления такого беспрецедентного начинания человечества.

Мы можем недооценить важность стоящей перед человечеством задачи, но не можем позволить себе недооценить те трудности, с которыми придется столкнуться обществу на пути к равновесному состоянию. Мы верим, что много мужчин и женщин самого разного возраста и положения в обществе откликнутся на прозвучавший в книге призыв и захотят принять участие в обсуждении вопроса не о том, *можем ли мы*, а вопроса о том, *каким образом мы можем* создать это новое будущее.

Римский клуб намеревается поддерживать такую деятельность **самыми разными способами**. Начатое в МТИ важное исследование мировой динамики будет продолжено как в самом МТИ, так и в рамках исследовательских программ, осуществляемых в Европе, Канаде, Латинской Америке, Советском Союзе и Японии. Но вследствие того, что интеллектуальные программы оказывают влияние на реальную жизнь, только если они являются одновременно и политическими прозрениями, Римский клуб будет также содействовать организации всемирного форума, на котором государственные деятели, политики и ученые, не будучи стесненными рамками формальных межправительственных переговоров, смогут все вместе обсуждать будущее глобальной системы с подстерегающими ее опасностями и надеждами на их преодоление.

Последняя идея, которую мы хотим предложить вам, заключается в том, что человек должен познавать самого себя - свои цели, свою систему ценностей - так же глубоко, как он познает мир, который хочет изменить.

Сущность вопроса не только в том, выживет ли человеческий вид, а еще в большей степени в том, выживет ли он без того, чтобы впасть в состояние ничтожного существования.

Исполнительный комитет Римского клуба

АЛЕКСАНДЕР КИНГ (ALEXANDER KING)

САБУРО ОКИТА (SABURO OKITA)

АУРЕЛИО ПЕЧЧЕЙ (AURELIO PECCEI)

ЭДУАРД ПЕСТЕЛЬ (EDUARD PESTEL)

ХЮГО ТИМАНН (HUGO THIEMANN)

Дополнительные исследования

Ниже приводится список публикаций, тематически связанных с исследованиями, проведенными совместно Группой системной динамики Массачусетского технологического института и Римским клубом в рамках проекта "Сложное положение человечества". Звездочкой отмечены публикации, которые включены во второй доклад по проекту, вышедший под редакцией Денниса Л. Медоуз и Донеллы Х. Медоуз, - "На пути к глобальному равновесию" (*Toward Global Equilibrium*. Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1973).

*ANDERSON, ALISON and ANDERSON, JAY M. "System Simulation to Test Environmental Policy III: The Flow of Mercury Through the Environment." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

ANDERSON, JAY M. "System Simulation to Test Environmental Policy II: The Eutrophication of Lakes." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

*BEHRENCE, WILLIAM W. III. "The Dynamics of Natural Resource Utilization." Paper presented at the 1971 Summer Computer Simulation Conference, July 1971, Boston, Massachusetts, sponsored by the Board of Simulation Conferences, Denver, Colorado.

*BEHRENCE, WILLIAM W. III and MEADOWS, DENNIS L. "The Determinants of Long-Term Resource Availability". Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, January 1971, Philadelphia, Pennsylvania.

CHOUCRI, NAZLI; LAIRD, MICHAEL; and MEADOWS, DENNIS L. "Resource Scarcity and Foreign Policy: A Simulation Model of International Conflict." Paper presented at the annual meeting of the American Association for Advancement of Science, January 1971, Philadelphia, Pennsylvania.

*FORRESTER, JAY W. "Counterintuitive Nature of Social Systems." *Technology Review* 73 (1971):53.

*FORRESTER, JAY W. *World Dynamics*. Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1971.

HARBORDT, STEFFEN C. "Linking Socio-Political Factors to the World Model." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

MEADOWS, DONELLA H. "The Dynamics of Population Growth in the Traditional Agricultural Village." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

MEADOWS, DONELLA H. "Testimony Before the Educational Committee of the Massachusetts Great and General Court on Behalf of the House Bill 3787." Republished as "Reckoning with Recklessness." *Ecology Today*, January 1972, p.11.

MEADOWS, DENNIS L. *The Dynamics of Commodity Production Cycles*. Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1970.

*MEADOWS, DENNIS L. "MIT - Club of Rome Project on the Predicament of Mankind." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

*MEADOWS, DENNIS L. "Some Requirements of a Successful Environmental Program." Hearings of the Subcommittee on Air and Water Pollution of the Senate Committee on Public Works, Part I, May 3, 1971. Washington, DC: Government Printing Office, 1971.

MILLING, PETER. "Simple Analysis of Labor Displacement and Absorption in a Two Sector Economy." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

*NAILL, ROGER F. "The Discovery Life Cycle of a Finite Resource: A Case Study of US Natural Gas." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

*RANDERS, JORGEN. "The Dynamics of Solid Waste Generation." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

*RANDERS, JORGEN and MEADOWS, DONELLA H. "The Carrying Capacity of Our Global Environment: A Look at the Ethical Alternatives." In *Western Man and Environmental Ethics*, ed. Ian Barbour. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1972.

*RANDERS, JORGEN and MEADOWS, DENNIS L. "System Simulation to Test Environmental Policy I: A Sample Study of DDT Movement in the Environment." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

*SHANTZIS, STEPHEN B. and BEHRENS, WILLIAM W. III. "Population Control Mechanisms in a Primitive Agricultural Society." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

На русском языке изданы:

1. "Думай глобально - действуй локально" (интервью с Денисом Медоузом) //Химия и жизнь. 1979, № 5. С.2.

2. Медоуз Денис. Системное поведение, "mania" - структура и загрязнение окружающей среды: Лекция прочитанная в Уральском государственном университете. Свердловск, 1990.

3. Печей Аурелио. Человеческие качества. М., 1989.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. A.M. Carr-Saunders, *World Population: Past Growth and Present Trends* (Oxford: Clarendon Press, 1936), p.42.
2. US Agency for International Development, *Population Program Assistance* (Washington, DC: Government Printing Office, 1970), p.172.
3. *World Population Data Sheet 1968* (Washington, DC: Population Reference Bureau, 1968).
4. Lester R. Brown, *Seeds of Change* (New York: Praeger Publishers, 1970), p.135.
5. President's Science Advisory Panel on the World Food Supply, *The World Food Problem* (Washington, DC: Government Printing Office, 1967), 2:5.
6. President's Science Advisory Panel on the World Food Supply, *The World Food Problem*, 2:423.
7. President's Science Advisory Panel on the World Food Supply, *The World Food Problem*, 2:460-69.
8. UN Food and Agriculture Organization, *Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development* (Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970) 1:41.
9. Data from and Economic Research Service survey, reported by Rodney J. Arkley in "Urbanization of Agricultural Land in California," mimeographed (Berkeley, Calif.: University of California, 1970).
10. Paul R. Ehrlich and Anne H. Ehrlich, *Population, Resources, Environment* (San Francisco, Calif.: W.H.Freeman and Company, 1970), p.72.
11. *Man's Impact on the Global Environment*, Report of the Study of Critical Environmental Problems (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1970), p.118.
12. First Annual Report of the Council on Environmental Quality (Washington, DC: Government Printing Office, 1970), p.158.
13. US Bureau of Mines, *Mineral Facts and Problems*, 1970 (Washington, DC: Government Printing Office, 1970), p.247.
14. Данные по ртути взяты из справочников Бюро горнодобывающих отраслей США (US Bureau of Mines):
Minerals Yearbook (Washington, DC: Government Printing Office, 1967) 1(2):724; Commodity Data Summary (Washington, DC: Government Printing Office, January 1971) p.90.
- Данные по свинцу взяты из справочника
Metal Statistics (Somerset, NJ: American Metal Market Company, 1970), p.215.
15. G. Evelin Hutchinson, "The Biosphere," *Scientific American*, September 1970, p.53.
16. Chauncey Starr, "Energy and Power," *Scientific American*, September 1971, p.42.
17. UN Department of Economic and Social Affairs, *Statistical Yearbook 1969* (New York: United Nations, 1970), p.40.
18. Bert Bolin, "The Carbon Cycle," *Scientific American*, September 1970, p.131.
19. *Inadvertent Climate Modification*, Report of the Study of Man's Impact on Climate (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1971), p.234.
20. John R. Clark, "Thermal Pollution and Aquatic Life," *Scientific American*, March 1969, p.18.
21. *Inadvertent Climate Modification*, pp.151-54.
22. John P. Holdren, "Global Thermal Pollution," in *Global Ecology*, ed. John P. Holdren and Paul R. Ehrlich (New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1971), p.85.
23. Baltimore Gas and Electric Company, "Preliminary Safety Analysis Report," quoted in E.P.Ranford et al., "Statement of Concern", *Environment*, September 1969, p.22.
24. R.A.Wallace, W.Fulkerson, W.D.Shults, and W.S.Lyons, *Mercury in the Environment* (Oak Ridge, Tenn.: Oak Ridge Laboratory, 1971).
25. *Man's Impact on the Global Environment*, p.131.
26. C.C.Patterson and J.D.Salvia, "Lead in the Modern Environment," *Scientist and Citizen*, April 1968, p.66.
27. Second Annual Report of the Council on Environmental Quality (Washington, DC: Government Printing Office, 1971), p. 110-111
28. Edward J. Kormandy, *Concepts of Ecology* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1969), p. 95-97.
29. Second Annual Report of the Council on Environmental Quality, p.105.
30. Рассчитано исходя из среднего значения ВНП на душу населения с использованием зависимостей, представленных в статье H.B.Cheney and L.Taylor, "Development Patterns: Among Countries and Over Time," *Review of Economic and Statistics* 50 (1969): 391.
31. Рассчитано исходя из данных по потреблению металла и энергии, взятых из справочника UN Department of Economic and Social Affairs, *Statistical Yearbook 1969*.
32. J.J.Spengler, "Values and Fertility Analysis," *Demography* 3 (1966): 109.
33. Lester B. Lave and Eugene P. Seskin, "Air Pollution and Human Health," *Science* 169 (1970): 723.
34. Second Annual Report of the Council on Environmental Quality, p. 105-106.
35. Frank W. Notestein, "Zero Population Growth: What Is It?" *Family Planning Perspectives* 2 (June 1970): 20.
36. Donald J. Bogue, *Principles of Demography* (New York: John Wiley and Sons, 1969), p.828.
37. R. Buckminster Fuller, *Comprehensive Design Strategy: World Resources Inventory, Phase II* (Carbondale, Ill.: University of Illinois, 1967), p.48.
38. Thomas S. Lovering, "Mineral Resources from the Land," in

Committee on Resources and Man, Resources and Man (San Francisco, Calif.: W.H.Freeman and Company, 1969), p.122-23.

39. Second Annual Report of the Council on Environmental Quality, p.118.

40. Garret Hardin, "The Cybernetics of Competition: A Biologist's View of Society," Perspectives in Biology and Medicine 7 (Autumn 1963): 58, reprinted in Paul Shepard and Daniel McKinley, eds., The Subversive Science (Boston: Houghton Mifflin, 1969), p.275.

41. S.R.Sen, Modernizing Indian Agriculture vol. 1, Exper Committee on Assessment and Evaluation (New Delhi: Ministry of Food, Agriculture, Community Development, and Cooperatives, 1969).

42. Краткое описание этой проблемы представлено в работе: Robert d'A. Shaw, Jobs and Agricultural Development, (Washington, DC: Overseas Development Council, 1970).

43. Richard Critchfield, "It's a Revolution All Right," Alicia Patterson Fund paper (New York: Alicia Patterson Fund, 1971).

44. Robert d'A. Shaw, Jobs and Agricultural Development, p.44.

45. Lester R. Brown, Seeds of Change, p.112.

46. US Bureau of the Census, 1970 Census of Population and Housing, General Demographic Trends of Metropolitan Areas, 1960-70 (Washington, DC: Government Printing Office, 1971).

47. Garrett Hardin, "The Tragedy of the Commons," Science 162 (1968): 1243.

48. UN Food and Agriculture Organization, The State of Food and Agriculture (Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970), p.6.

49. John Stuart Mill, Principles of Political Economy, in The Collected Works of John Stuart Mill, ed. V.W.Bladen and J.M.Robson (Toronto: University of Toronto Press, 1965), p.754.

50. Bertrand Russell, In Praise of Idleness and Other Essays (London: Allen and Unwin, 1935), p. 16-17.

51. UN Food and Agriculture Organization, Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development 2:490.

52. Herman E. Daly, "Toward a Stationary-State Economy," in The Patient Earth, ed. John Harte and Robert Socolow (New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1971), p. 236-237.

53. В качестве примера смотрите статью "Fellow Americans Keep Out!" Forbes, June 15, 1971, p.22, а также журнал The Ecologist, January 1972.

54. J. Bourgeous-Pichat and Si-Ahmed Taleb, "Un taux d'accroissement nul pour les pays en voie de developpement en l'an 2000: Reve ou realite?" Population 25 (September/ October 1970): 957.

55. Commission on Population Growth and the American Future, An Interim Report to the President and the Congress (Washington, DC: Government Printing Office, 1971).

56. Bernard Berelson, The Population Council Annual Report, 1970 (New York: The Population Council, 1970), p.19.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----|
| Ягоды Г.Я. Денисис Медоуз и его книга..... | 5 |
| ПРЕДИСЛОВИЕ к русскому изданию книги "Пределы роста"..... | 7 |
| ПРИМЕЧАНИЕ АВТОРОВ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ..... | 12 |
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 14 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 19 |
| Глава I Природа экспоненциального роста | 27 |
| Глава II Пределы экспоненциального роста | 47 |
| Глава III Рост в мировой системе | 92 |
| Глава IV Технический прогресс и пределы роста | 134 |
| Глава V Состояние глобального равновесия | 162 |
| КОММЕНТАРИЙ..... | 192 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ: Дополнительные исследования | 202 |
| ПРИМЕЧАНИЯ..... | 204 |

Учебное пособие

Медоуз Донелла Х., Медоуз Деннис Л.,
Рэндерс Йорген, Беренс III Вильям

“ПРЕДЕЛЫ РОСТА.
Доклад по проекту Римского клуба
“Сложное положение человечества“

Зав. редакцией *Н.М.Глазкова*

Редактор *Г.Г.Есакова*

Художественный редактор *Н.Ю.Калмыкова*

Обложка художника *Б.С.Вехтер*

Технические редакторы

Г.Д.Колоскова, Н.И.Филимонова

Корректоры *Л.А.Айдарбекова, С.Ф.Будаева*

ИБ № 4192

Сдано в набор 20.05.91

Подписано в печать 01.08.91

Формат 50 x 901/16.

Бумага офсетная книжно-журнальная

Гарнитура Таймс. Офсетная печать.

Усл. печ. л. 13,0. Уч.-изд. л. 11,86

Тираж 3800 экз. Заказ № 98

Цена 2 руб. Изд. № 2055

Ордена “Знак Почета”

издательство Московского университета.

103009, Москва, ул. Герцена, 5/7.

Типография ордена “Знак Почета” изд-ва МГУ.

119899, Москва, Ленинские горы.

Пределы



"...Могут ли темпы роста численности населения и запасов капитала быть физически реализованы в нашем мире? Какое количество людей в состоянии обеспечить всем необходимым наша планета, на каком уровне благосостояния и на какой срок?

Чтобы ответить на эти вопросы, мы должны детально рассмотреть те системы нашего мира, которые обеспечивают физическую поддержку роста численности населения и запасов капитала... Мы надеемся, что эта книга пробудит интерес у многих людей, занятых в разных областях исследований и работающих в разных странах мира, расширит пространственный и временной горизонт их интересов и позволит им вместе с нами понять и подготовиться к периоду великого перехода - перехода от роста к глобальному равновесию..."