



ISSN 0028-1263

# НАУКА И ЖИЗНЬ

**10** ● Мир — за пределами  
роста. Что будет дальше?

**2015** ● «Быстрой» энергетикой

владеет сегодня только наша страна ● Роберт Оппенгеймер: дея-

ния подследственного не предусматривались законами США

● Скоро, расправив могучие плечи, из-за горизонта в южной стороне

неба выйдет Орион... ● Фламинго в полёте — огненный крест.



# В н о м е р е :

- В. ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН, чл.-кор. РАН,  
И. РЕЙФ — **За пределами роста.**  
**Компьютерная модель, всколыхнувшая мир** ..... 2
- Фотоблокнот. Октябрь** (фотоочерк  
Н. Курдюмова) ..... 16
- О чём пишут научно-популярные журналы мира** ..... 18
- Из писем в редакцию** ..... 22, 48, 106
- А. ПАХОМОВ — **Небо в ноябре — декабре 2015 года** ..... 23
- М. АБАЕВ, канд. хим. наук — **Карбидная ветвь зелёной химии** ..... 32
- В. ГУБАРЕВ — **Атомное кольцо** ..... 34
- Кунсткамера** ..... 43, 104, 129
- Е. МАЩЕНКО, канд. биол. наук,  
Т. ВОСТРИКОВА, Л. ЖУЖГОВА,  
Э. ЧУРИЛОВ — **Древний слон из Пермского края** ..... 44
- Поддержите сельские библиотеки!** ..... 49
- Наука и жизнь в начале XX века** ..... 51
- Е. ЧИГОРИНА — **Асфальт под защитой** ... 52
- Бюро иностранной научно-технической информации** ..... 54
- А. ШВАРЦБУРГ, докт. физ.-мат. наук — **Дело Оппенгеймера: «суд чести» или «процесс ведьм»?** ..... 58
- Бюро научно-технической информации** ..... 70
- О. РУСАНОВСКАЯ, канд. биол. наук — **Байкал теряет уникальность** ..... 74
- Доброволец!** (о В. Ч. Дорогостайском — исследователе озера Байкал) ..... 76
- Подписка на журнал «Наука и жизнь»** ..... 79
- «УМА ПАЛАТА»**  
Познавательно-развивающий  
раздел для школьников
- С. МОЙНОВ, канд. техн. наук — **Птицы утренней зари** (81). **Фламинго в Москве** (84).  
О. МАМАЕВ — **Когерер — зёрнышко, из которого выросла радиосвязь** (86).  
Ю. ФРОЛОВ — **ДОН — говорящая собака** (94).
- К. МУХИН, докт. физ.-мат. наук — **Привлекательный мир микрофизики** ..... 96
- М. ДАВИДОВ — **«Верстах в четырёх от Пятигорска...»** ..... 108
- Е. ГИК, канд. техн. наук, мастер спорта по шахматам — **Малютки — две пешки против одной** ..... 119
- Маленькие хитрости** ..... 123
- М. СЕРГЕЕВА, Н. ЗАМЯТИНА — **Лаванда, горная лаванда...** ..... 124
- Ответы и решения** ..... 129
- Кроссворд с фрагментами** ..... 130
- И. СОКОЛЬСКИЙ, канд. фармацевт. наук — **Вкусный кускус, совсем как у мамы!** ..... 132
- В. МАКСИМОВ — **Из истории фамилий** ..... 136
- Л. СЕНИЦЫНА — **Таннери Феса** ..... 138

## НА ОБЛОЖКЕ:

**1-я стр.** — Вся жизнь впереди! Двухдневный фламинго в Московском зоопарке. Фото В. Романовского, лето 2015 года. (См. стр. 84.)

**Внизу:** Роберт Оппенгеймер, пионер квантовой физики в США. После Второй мировой войны физика стала государственным делом, появилась «большая наука», влияющая на политику. «Отец атомной бомбы», Оппенгеймер убеждает военное лобби, что создание термоядерного оружия пока ещё технически невозможно и, более того, это оружие будет нацелено в основном не на армию противника, а против гражданского населения. Технократический лидер, он участвует в подготовке предложения США в ООН о международном контроле над атомной энергией... (См. статью на стр. 58.)

**2-я стр.** — Жизнь на берегу Атлантики, у пустыни Намиб. Южная Африка, 2007 год... Фото Н. Домриной. (См. статью на стр. 2.)

**4-я стр.** — Байкал. Исключительная чистота его воды может уйти в прошлое. К такому неутешительному выводу пришли сотрудники НИИ биологии Иркутского государственного университета. Фото С. Дидоренко. (См. статью на стр. 74.)

*В этом номере 144 страницы.*



# НАУКА И ЖИЗНЬ®

## № 10

## ОКТЯБРЬ

Журнал основан в 1890 году.

Издание возобновлено в октябре 1934 года.

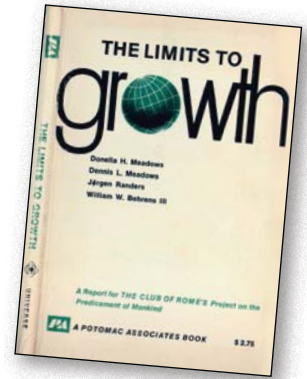
## 2015

### ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

# ЗА ПРЕДЕЛАМИ РОСТА

## КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ, ВСКОЛЫХНУВШАЯ МИР

Член-корреспондент РАН Виктор ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН,  
Игорь РЕЙФ.



*Полезно сравнить нашу работу с деятельностью тех экономистов, которые потратили эти 30 лет на продвижение концепции свободной торговли. В отличие от нас, им удалось донести свою идею чуть ли не до каждой домохозяйки.*

Донелла и Деннис Медоуз,  
Йорген Рандерс

### ЗАКАЗ ОТ РИМСКОГО КЛУБА

В 1970 году ассистенту Массачусетского технологического института (МТИ) Деннису Медоузу был передан заказ на проведение необычного по тем временам исследования. Требовалось проанализировать с помощью ЭВМ — персональных компьютеров тогда ещё не было — некоторые ключевые тенденции мирового развития с учётом взаимодействия экологической, демографической, экономической и ресурсной сфер. Инициатива принадлежала Римскому клубу — негосударственной организации, собравшей в своих рядах политических деятелей, бизнесменов, учёных, обеспокоенных угрозой глобального экологического кризиса. Исследования, проводимые под его патронажем, выполнялись учёными разных стран и оформлялись в виде докладов Римскому клубу.

В то время футурология всё активнее опиралась на точные математические методы, а потому выбор сразу же пал на профессора МТИ Джея Форрестера, крупного специалиста в области системного прогнозирования, создателя компьютерных моделей

*Контрасты благополучия и нищеты на улицах Антананариву (Мадагаскар), типичные для всех стран с развивающейся экономикой и растущим населением. 2008 год.*

World1 и World2, открывавших новые возможности в исследовании глобальных процессов. Но выполнение заказа Форрестер перепоручил своему двадцатилетнему ученику, который и взялся за эту работу, ставшую вскоре делом всей его жизни.

Деннис Медоуз собрал многонациональный коллектив талантливых программистов, куда вошла и его жена Донелла. На базе усовершенствованной модели Форрестера, получившей название World3, молодым энтузиастам удалось просчитать ряд сценариев мирового развития на период с 1970 по 2100 год. При этом выяснилось, что на фоне существующих темпов расходования ресурсов, промышленного роста и роста населения большая часть сценариев где-то к концу XXI века упирается в экономический и демографический коллапс, вызванный необходимостью направлять всё больше средств на поддержание стабильности окружающей среды. →





*Жизнь на берегу Атлантики. Монровия, столица Либерии (Западная Африка). 2015 год.*

В 1972 году результаты их работы за подписью Донеллы и Денниса Медоуз, Йоргена Рандерса и Уильяма Беренса были представлены в виде первого доклада Римскому клубу под названием «Пределы роста» («The Limits to Growth»).

Конечно, любая компьютерная модель есть в какой-то мере упрощение и схематизация действительности, особенно когда речь идёт о моделировании глобальных процессов. Однако при невозможности экспериментировать с реальными объектами моделирование — незаменимый инструмент, позволяющий «протыкать» различные варианты и смотреть, к какому результату могут привести те или иные заложенные в программу исходные параметры. Вот таким инструментом в руках команды Медоуза и стала разработанная ею модель World3. Она оказалась значительно сложнее и глубже большинства существовавших в ту пору моделей, предназначенных для оценки отдалённых перспектив мирового развития.

Большое число заложенных в World3 перекрёстных и обратных связей позволяло учесть их всестороннее влияние на исследуемые процессы — например когда следствие начинает воздействовать на вызвавшую его причину, как это нередко и бывает в действительности. Другая осо-

бенность модели — нелинейность связей, то есть непропорциональное увеличение или, наоборот, уменьшение одного из параметров в ответ на изменение другого, что приобретает особое значение в пограничных ситуациях, когда выход за пределы наступает как бы внезапно и накопившиеся проблемы нарастают лавинообразно. Все эти нелинейности и контуры обратной связи в сочетании с системным подходом к предмету исследования, рассматривающим окружающую среду, население и экономику в их динамическом единстве, являлись важным условием жизнеспособности модели. Ведь такого рода системные взаимодействия, можно сказать, пронизывают нашу жизнь на всех её уровнях.

Вместе с тем модель не знала войн, коррупции, преступности и терроризма, а люди, населяющие этот компьютерный мир, решали глобальные проблемы без оглядки на политическую борьбу, этническую нетерпимость и национальный эгоизм. Так что действительность предстала здесь в заведомо упрощённом и идеализированном виде. Но все эти упрощения, как полагали авторы, в принципе не меняли картины, поскольку целью исследования были в первую очередь не количественные характеристики, а тенденции, тренды поведения системы. Как откликнется она на тот или иной уровень загрязнения окружающей среды? Чем обернётся для неё истощение невозобновимых ресурсов? Как растущая численность

населения будет взаимодействовать с ограниченной ёмкостью биосферы? И т. д.

В каждом из десяти сценариев был представлен тот или иной тип поведения мировой системы в зависимости от изначально заданных условий. Например, в случае если запас неразведанных ископаемых ресурсов окажется значительно больше, чем предполагают специалисты (что теоретически вовсе не исключено). Или если общество решит переориентировать экономику, подчинив её интересам ресурсосберегающих технологий и направив в эту отрасль основную долю инвестиций... Любой сценарий характеризовался соответствующими ему численными значениями исходных данных, которые закладывались в модель для очередного «машинного прогона». Для каждого из заданных сценариев World3 просчитывала параметры уравнений (их больше двухсот) и вычисляла значения всех переменных величин на каждое полугодие вплоть до 2100 года. А всего для отдельных сценариев модель выдавала более 80 тысяч численных значений, что в начале 1970-х годов было почти на пределе компьютерных возможностей.

#### УСТРАШАЮЩИЕ ПЛОДЫ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РОСТА

Итак, основное внимание авторы сосредоточили на принципиальных особенностях поведения системы, актуальных для самых разных сценариев. И первая из них — *экспоненциальный рост*, один из главных «виновников» выхода за пределы. От линейного роста, ассоциируемого с равномерным прямолинейным движением, он отличается скоростью, увеличивающейся одновременно с растущей исходной величиной, объёмом и т. д. В результате рост быстро становится взрывным. Классический пример — размножение колонии дрожжей, удвоение числа клеток которой происходит каждые 10 минут, так что при максимально благоприятных условиях она способна за сравнительно короткий отрезок времени окутать всю Землю.

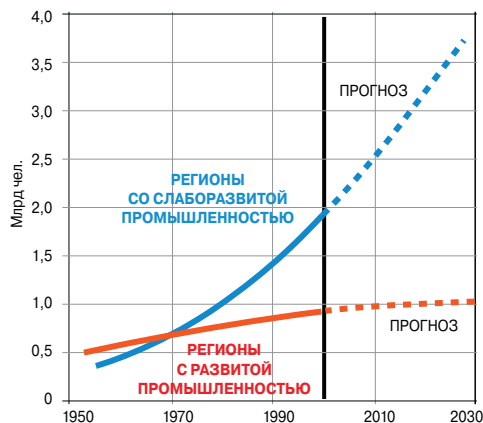
Другой не менее наглядный пример — колонизация Австралии популяцией кроликов, завезённых в 1859 году для спортивной охоты одним английским фермером. Поначалу зверьков была всего дюжина. Но, найдя здесь подходящие для себя условия — изобилие пищи, отсутствие видов-контролёров (хищников и

паразитов), популяция начала стремительно размножаться, увеличившись за 6 лет до 22 миллионов. К 1930 году кролики расселились уже по всему континенту, а их численность достигла 750 миллионов! В результате резко сократилось поголовье овец, что серьёзно подорвало важнейшую для страны сельскохозяйственную отрасль. Кроме того, кролики лишали корма кенгуру и других травоядных сумчатых. Проблему удалось решить только в начале 1950-х годов, после того как «незванных оккупантов» заразили вирусом миксомы и их популяция сократилась на 90%.

Экспоненциальным можно назвать и рост населения Земли за последние 3,5 века. В 1650 году (накануне промышленной революции) оно составляло около 0,5 млрд человек при годовых темпах роста порядка 0,3%, что соответствует времени удвоения около 240 лет. К 1900 году на Земле проживало 1,6 млрд человек, а годовой прирост увеличился до 0,7—0,8%, что эквивалентно времени удвоения порядка 100 лет. К 1965 году численность людей на Земле составляла уже 3,3 млрд, а темпы роста увеличились до 2% в год, то есть время удвоения населения уменьшилось до 36 лет. И действительно, в 1999 году его численность, в точном соответствии с прогнозом, достигла шестимиллиардной отметки. И хотя с конца 1980-х годов годовые темпы прироста мирового населения пошли на убыль, абсолютное увеличение его численности сохраняется по сей день.

Решающий вклад в этот рост вносят в наше время экономически отсталые страны. Медоуз с соавторами приводят график роста населения городов развивающихся стран во второй половине XX века, из которого видно, что среднее время удвоения городского населения в странах со слаборазвитой экономикой составляет 19 лет. Причём предполагается, что эта динамика сохранится и в ближайшие десятилетия (см. с. 6).

Но не только численность живых существ — людей, дрожжей или кроликов — имеет склонность к экспоненциальному росту. По экспоненте растёт и капитал — как промышленный, так и финансовый. Заводы выпускают сталь, цемент, детали и оборудование, станки и конвейерные установки. При этом определённая доля продукции используется в виде инвестиций в сам капитал, приводя к росту производства продукции в будущем. Можно сказать, что

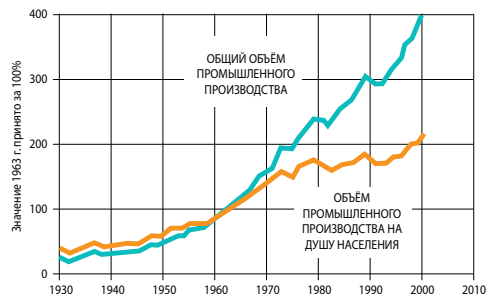


Городское население в мире (данные 2000 года).  
Источник: UN.

мы имеем дело с «рождаемостью» капитала, в результате которой создаётся не только новое оборудование, но и новые заводы. Любая коммерческая деятельность также направлена на получение прибыли, которая в свою очередь инвестируется в расширение коммерческой деятельности и в новое увеличение прибыли.

В кибернетике такое явление получило название *положительной обратной связи* — когда изменение любого элемента в системе приводит к цепочке результатов, способствующих ещё большему изменению исходного элемента в том же направлении: увеличение — к ещё большему увеличению, а уменьшение — к дальнейшему уменьшению. Так, например, повышение средней приземной температуры в результате выбросов в атмосферу двуоксида углерода ускоряет

*Мировое промышленное производство. Среднегодовые темпы роста за последние 25 лет составили 2,9%, что соответствует времени удвоения 25 лет. Рост производства на душу населения составил 1,3% в год, что эквивалентно времени удвоения 55 лет. Источник: UN.*



таяние в зоне вечной мерзлоты. Тундра при оттаивании высвобождает связанный метан, сильный парниковый газ, что провоцирует дальнейший рост глобальной температуры, то есть запущенный однажды процесс стимулирует и подпитывает сам себя\*.

Для реализации экспоненциального роста нужны, конечно, соответствующие условия, и препятствовать ему могут самые разнообразные факторы — от нехватки питательных веществ в случае дрожжевой культуры до социальных потрясений, войн, голода и эпидемий, если речь идёт о человеке. Но если тот или иной параметр включён в контур положительной обратной связи, это значит, что потенциально он подвержен экспоненциальному росту — исходное воздействие усиливается самой системой. Именно в этом причина так называемого демографического взрыва на фоне ослабления стабилизирующего влияния отрицательной обратной связи (снижение смертности в развивающихся странах).

#### УРОКИ «ОЗОНОВОЙ ИСТОРИИ»

Другая важнейшая особенность больших динамических систем, включая и мировую эколого-экономическую систему, — *фактор запаздывания*. Океанский лайнер, движущийся со скоростью 22 узла, не может внезапно изменить свой курс, если обнаружит впереди препятствие. И чем больше времени занимает поворот корабля, тем дальше должен «видеть» его радар. Лайнер под названием «человеческая цивилизация» обладает несопоставимо большей инерцией. Поэтому сигналы, получаемые людьми в случае приближения к пределам, должны быть не только заблаговременно восприняты, но и правильно интерпретированы.

В своей книге «Пределы роста. 30 лет спустя» (о которой речь впереди) авторы приводят уроки так называемой «озоновой истории» — сказки со счастливым концом. Всё началось в 1973 году с двух публикаций американских химиков — Ш. Роуланда

\*В природе и технике большинство регулятивных процессов базируется на принципе отрицательной обратной связи, способствующей поддержанию стабильности той или иной системы. Суть её в том, что всякое отклонение системы от равновесного значения инициирует такую цепочку событий, которая замедляет изменение её характеристик, и тем больше, чем дальше «кушла» система от равновесного значения.

и М. Молины (Нобелевская премия по химии за 1995 год), предупредивших об угрозе разрушения озонового слоя Земли под влиянием поступающих в атмосферу хлорфторуглеродов (ХФУ) — химических соединений, используемых в холодильных установках, бытовых аэрозольных баллончиках, при производстве поролона и пр. Подробно рассказанная, эта история могла бы стать основой остросюжетного романа, но мы обратим внимание лишь на момент запаздывания, особенно демонстративный, когда дело касается достижения критических пределов.

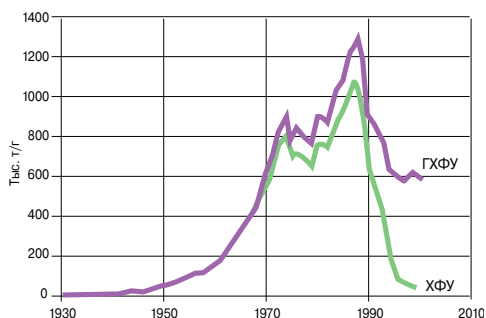
От упомянутых публикаций — первого адекватно оценённого людьми тревожного сигнала — до подписания Монреальского протокола\* прошло... 13 лет. Учёные затратили массу сил, стремясь убедить политиков и бизнесменов (ведь там крутились очень большие деньги) в реальной опасности разрушения озонового щита планеты, оберегающего всё живое от губительного воздействия ультрафиолетового излучения. Бизнесу нужно было пойти на серьёзные издержки, чтобы найти для ХФУ озонобезопасные заменители и перепрофилировать заводы, производящие эти вещества. И хотя расширяющаяся озоновая дыра над Антарктидой, казалось бы, подтверждала правильность научных выводов, сейчас же были придуманы другие правдоподобные объяснения этому феномену.

\* Монреальский протокол к Венской конвенции об охране озонового слоя был принят в 1985 году с целью прекращения производства ХФУ во всех странах мира. Протокол вступил в силу 1 января 1989 года и впоследствии не раз подвергался пересмотру и ужесточению. После его подписания подавляющим большинством стран мировое производство ХФУ сократилось к началу 2000-х годов с 1 млн тонн (1988) до 100 тыс. т в год. Однако снижение концентрации озона в атмосфере и увеличение размера озоновой дыры над Антарктидой (17 млн км<sup>2</sup> в 1996 году) продолжалось до 1997 года, после чего концентрация озона начала медленно расти. Такое запаздывание обусловлено длительностью процессов разложения ХФУ. Так, срок жизни в атмосфере одного из самых распространённых ХФУ — хладагента R12, производство которого прекратилось только в 2010 году, около 100 лет, а заправленное им оборудование всё ещё продолжает работать. В 2007 году сторонами Монреальского протокола было принято решение об ускорении вывода из обращения группы менее опасных гидрированных ХФУ (ГХФУ), в результате чего первоначальный график был существенно сокращён. В соответствии с новым графиком все развитые страны обязались к 2015 году сократить производство и потребление ГХФУ на 90%.

Скрестившиеся копыта многих фирм, политических групп и целых государств свидетельствовали о готовности любой ценой отстаивать свои корпоративные и узконациональные интересы. И потребовалось ещё 13 лет, чтобы добиться полномасштабного выполнения Монреальского соглашения, к которому, после ряда дополнений и корректировок, присоединились 157 государств, после чего запрет на производство и использование ХФУ и других озоноразрушающих веществ вступил наконец в силу.

Но 26 лет, прошедшие со дня обнаружения опасных последствий применения ХФУ, — лишь первое, обычное для человеческой деятельности, запаздывание по схеме «открытие — внедрение». Второе запаздывание, уже за пределами техносферы, связанное с реакцией природы на действия человека, будет куда продолжительней, поскольку молекулы ХФУ, отличаясь особой долгоживучестью, очень медленно покидают верхние слои атмосферы. Поэтому восстановления исходной концентрации озона уровня 1980 года в силу продолжающегося поступления в атмосферу выпущенных ранее ХФУ можно ждать не ранее второй половины XXI века.

Таким образом, фактор запаздывания — одно из фундаментальных свойств мировой



*Мировое производство хлорфторуглеродов (ХФУ). Рост производства ХФУ до 1974 года, с последующим его снижением, обязанным активностью защитников окружающей среды. Непродолжительный рост производства ХФУ после 1982 года в связи с расширением области применения и резкий его спад после 1990 года благодаря достигнутому международным договорённостям. Однако гидрированные ХФУ (ГХФУ) пока ещё разрешены к применению, а сворачивание их производства намечено лишь на 2030—2040 годы. Источник: Медоуз и соавт., «Пределы роста. 30 лет спустя». — М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.*

системы. Между выбросом загрязнителя в окружающую среду и моментом, когда он начнёт сказываться на здоровье населения, проходят иногда годы. На перераспределение инвестиций в связи с нехваткой продовольствия или деградацией почв требуются порой десятилетия. А чтобы на фоне снизившейся детской смертности люди перешли от традиционной многодетной семьи к двух-трёхдетной, нужна смена одного-двух поколений. Даже если система своевременно реагирует на получаемые ею сигналы, перестроиться в одночасье она не может.

Так, в общей численности населения стран, переживших демографический бум, очень высока доля молодых людей. Поэтому как бы ни были успешны проводимые там меры по контролю над рождаемостью, численность населения в этих странах будет расти по крайней мере ещё несколько десятилетий — пока не выйдет из детородного возраста вступившая в него молодёжь. Несмотря на то, что количество детей в средней семье сократится, число семей будет расти. Такова демографическая инерция, которая не позволит остановить рост населения в мире ни завтра, ни послезавтра. И если бы удалось каким-то чудом снизить рождаемость до уровня простого воспроизводства сразу во всех развивающихся странах, всё равно ждётся стабилизации роста населения Земли пришлось бы несколько десятилетий.

#### ЧТО НУЖНО, ЧТОБЫ СПАСТИ ПЛАНЕТУ

Вышедшие в начале 1970-х годов «Пределы роста» вызвали небывалый общественный резонанс. Книга была переведена на 35 языков и сразу стала бестселлером. Ни о каких «пределах» подавляющее большинство её читателей до той поры даже не задумывались, наивно полагая, что человек — это одно, а Земля — другое, что масштаб их несоизмерим и никакая человеческая деятельность навредить нашей «голубой планете» не в состоянии. И только, может быть, космонавты имели возможность убедиться в относительно скромных размерах Земли, а следовательно, в ограниченности её ресурсного потенциала.

И хотя у специалистов книга вызвала немало возражений, свои семена она посеяла и шоковое воздействие на умы — в полном соответствии с замыслом Римского клуба — оказала. Однако сами авторы были

не слишком удовлетворены достигнутыми результатами. Ведь несмотря на отдельные коррективы общая тенденция мирового развития осталась прежней. «Создавая книгу "Пределы роста", — писали они впоследствии, — мы очень надеялись, что здоровое размышление позволит обществу сделать верные шаги и снизить вероятность глобальной катастрофы». Но, увы: «ни одна современная политическая партия пока не оказала поддержки такой программе и уж, конечно, ни одна из развитых и богатых стран не поступилась своим уровнем потребления, хотя они вполне могли бы уменьшить экологическую нагрузку, чтобы дать возможность бедным странам выбраться из нищеты».

А спустя двадцать лет тот же авторский коллектив (за исключением У. Беренса) снова обратился к теме пределов в книге под само за себя говорящим названием «За пределами роста» («Beyond the Limits»). Их исходные теоретические посылы остались прежними, но добавилась нота пессимизма. И для этого имелось достаточно оснований. Озоновые дыры над полюсами, глобальное потепление климата, участвовавшие природные катаклизмы, растущий дефицит пресной воды, масштабное сведение тропических лесов, сокращение морского вылова рыбы — все эти тревожные звонки (которые до поры до времени можно было ещё как-то игнорировать) свидетельствовали: человечество по многим позициям уже вышло за пределы потенциальной ёмкости Земли и находится вне зоны устойчивости, то есть за пределами роста.

Но насколько необратим выход за пределы устойчивости и не наблюдается ли он в естественных, не зависящих от человека условиях? Да, в локальных масштабах наблюдается, и даже повсеместно. Например, луговые и пастбищные экосистемы эволюционируют вместе с пасущимися там стадами травоядных животных, которых не заботит, конечно, поддержание экологического равновесия и которые могут съесть травяной покров подчистую. Однако о нём заботится сама природа: если корневая система не повреждена, оставшиеся в земле корни и нижние части стеблей получают больше воды и питательных веществ, в результате чего трава вырастает снова. Стада же на время откочёвывают на дру-





гие пастбища. Так что при сохранившейся возможности миграции экосистема не разрушается, но пребывает в состоянии динамического равновесия. А с восстановлением уничтоженного растительного покрова стадо может вновь вернуться на покинутую им кормовую территорию.

Нечто похожее имеет место и в сфере человеческой деятельности, когда её выход за пределы не нарушает способности окружающей среды к самовосстановлению. Вот некоторые из примеров, приводимых в этой связи Медоузом и соавторами.

В истории Новой Англии (США) было несколько случаев массового закрытия лесопильных фабрик в результате истощения запасов строевого леса. Фабрики закрывались, и лесная промышленность десятилетиями пребывала в состоянии «анабиоза». Когда же лес вырастал снова, лесопилки возобновляли свою работу до тех пор, пока процесс переэксплуатации лесных ресурсов не приводил к очередному локальному кризису. А прибрежное рыболовство Норвегии прошло как минимум через один цикл истощения рыбных ресурсов. При этом правительство выкупало рыболовецкие суда, пуская их на металлолом, пока рыбная популяция не восстанавливалась настолько, что позволяла вернуться к традиционному промыслу. Авторы называют это «выход за пределы и колебания» — когда разрушение возобновимых ресурсов не является необратимым

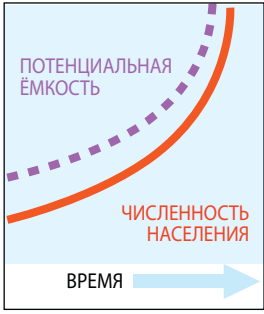
*В северной части острова Гранд-Комор — самого большого в Союзе Коморских Островов (государство в Индийском океане), — кажется, достаточно места для пастбищ... 2008 год.*

и не подрывает способности живых систем к самовосстановлению.

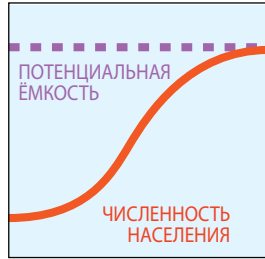
Но приведённые примеры относятся к случаям локального выхода за пределы. А как поведёт себя человеческая цивилизация в целом, и во что выльется её взаимодействие с потенциальной ёмкостью Земли при продолжающемся росте населения? На рисунке (см. с. 10), заимствованном из той же книги, приведены четыре графика — четыре принципиальные возможности такого взаимодействия.

Первый из графиков — вариант *a* — описывает *непрерывный рост* численности мирового населения в условиях, когда пределы ещё очень далеки, когда их как бы не существует либо они сами экспоненциально растут и отдаляются одновременно с ростом населения (чему в какой-то степени соответствовала ситуация на Земле в начале прошлого века).

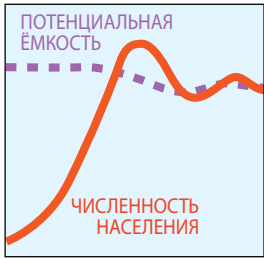
Вариант *b* — *S-образная кривая*, описывающая рост численности популяций живых организмов в условиях ограниченности пищевых ресурсов и сопротивления среды, когда по мере приближения к пределу рост численности замедляется, а затем прекращается, приходя к состоянию динамического равновесия. Применительно к человече-



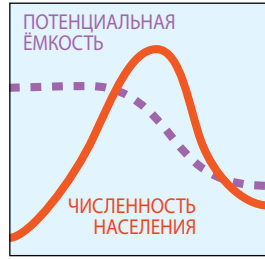
а) Непрерывный рост



б) S-образная кривая, приближающаяся к состоянию равновесия



в) Выход за пределы и колебания



д) Выход за пределы и катастрофа (коллапс)

*Рост численности населения и варианты его взаимодействия с потенциальной ёмкостью Земли. (По Медоузу с соавт.)*

ской цивилизации подобный вариант возможен при условии, если система (население и экономика) сознательно ограничивает себя и оперативно реагирует на сигналы о приближении к пределам. Однако для семимиллиардного населения Земли, чья численность находится уже за пределами её потенциальной ёмкости, такая перспектива практически упущена. «Простых и непреодолимых физических запаздываний, — замечают Медоуз и соавторы, — вполне достаточно для того, чтобы исключить плавный S-образный переход мировой экономической системы».

Следовательно, актуальными на сегодня остаются лишь два последних графика — выход за пределы и колебания или выход за пределы и катастрофа.

*Выход за пределы и колебания.* Эта возможность, по-видимому, ещё не потеряна для человечества, пока его выход за пределы является обратимым — как, например, в случае с восстановлением озонового слоя после прекращения выпуска ХФУ (и как это может ещё произойти с парниковым эффектом вследствие сокращения антропогенных выбросов двуокси углерода). «К сожалению, пока получается так: чтобы предпринять дей-

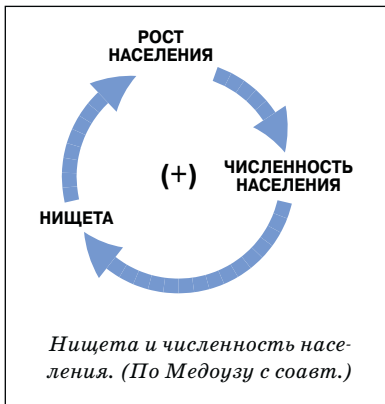
ствия в правильном направлении, человек всегда сначала выходит за пределы и лишь потом (самостоятельно или под давлением природных факторов) пытается вернуться в область устойчивости». Такое поведение системы, когда выход за пределы не сопровождается необратимыми изменениями планетарной окружающей среды и может быть остановлен и повернут вспять за счёт мер по её оздоровлению, показано на графике с. В то же время, в силу инерционности и запаздываний в системе, выход за пределы может повторяться, приобретая характер затухающих колебаний, что отражено на том же графике.

И наконец, *выход за пределы и катастрофа*. В экологии известен принцип равновесия популяций: стабильность популяции какого-либо вида возникает как результат динамического равновесия между её биологическим потенциалом и сопротивлением окружающей среды (температурные экстремумы, ограниченность пищевых ресурсов, присутствие в экосистеме хищников и т. д.). Но в случае человеческой популяции такая обратная связь не работает. Создав искусственную среду обитания, человек как бы отделился от биосферы, обеспечив себе относительную независимость от планетарной окружающей среды, а значит, и предпосылки для своего ничем не ограниченного роста, что и послужило причиной его выхода за целый ряд пределов. И если что-то может остановить этот рост извне, то это глобальная экологическая катастрофа, вероятность которой возрастает также экспоненциально. Так что не приходится удивляться, что большинство просчитанных World3 сценариев завершаются к концу XXI века глобальным кризисом с истощением возобновимых и невозобновимых ресурсов, эрозией обрабатываемых земель, сокращением производства продовольствия и, как следствие, обвальным падением численности населения.

В последнее время на «зелёных» страничках интернета стали появляться советы, как свести к минимуму экологический вред, наносимый природе каждым из нас. Советы типа «Пятьдесят простых вещей, которые помогут спасти планету»: чистите зубы при закрытом кране, сдавайте использованные банки и бутылки, покупайте аккумуляторные батарейки вместо одноразовых... «Все эти действия помогут, — не без юмора замечают

авторы «Пределов роста», — все они необходимы, но их одних недостаточно. Повторно использовать банки и бутылки — идея прекрасная, но вызвать глубинное преобразование она не в состоянии».

Так что же нужно, чтобы спасти планету? Прежде всего, нужны структурные преобразования, которые, по мнению авторов, могли бы устранить сами причины выхода за пределы, генерирующие экспоненциальный рост. Например, кричащее социальное неравенство в экономически отсталых странах, где в отсутствие стабилизирующих механизмов, уравнивающих правила игры для всех, привилегированные слои общества получают всё больше власти и ресурсов, открывающих перед ними возможности дальнейшего обогащения. В результате богатые становятся ещё богаче, а бедные ещё беднее, окончательно увязая в трясине безысходности и нищеты, которая, как известно, неотрывна от демографического роста. Получается что-то вроде системной ловушки: рост воспроизводит нищету, а нищета стимулирует рост, который вынуждает к изытанию средств из цикла инвестирования и направлению их на нужды потребления — проще говоря, к их проеданию. Таким образом, оба эти фактора, будучи включены в контур положительной обратной связи, взаимно усиливают друг друга, как и показано на рисунке.



Есть только один способ разорвать этот порочный круг — целенаправленная инвестиционная политика, призванная обеспечить доступность образования, здравоохранения, программ планирования семьи беднейшим слоям населения, в особенности женщинам. Ведь в отсутствие привлекательной альтернативы рождению детей, когда нет

возможности ни работать, ни учиться, дети становятся их главным и единственным капиталом.

Но не то же ли самое можно сказать о поляризации богатства и нищеты в мире в целом? Богатым странам проще сохранить и приумножить свой капитал, накопленный за сотни лет экономического развития, а медленный рост численности населения позволяет им вкладывать больше средств в расширение экономики. Бедные же страны вынуждены тратить львиную долю своих ресурсов на удовлетворение неотложных потребностей растущего населения в ущерб экономическому и социальному развитию. Так что только одновременная перестройка модели потребления в развитых странах в сочетании с целевым использованием высвободившихся средств в странах, остро в них нуждающихся, позволили бы развязать узел проблем, связанных с экспоненциальным ростом населения и капитала и имеющих своим следствием возрастающую нагрузку на окружающую среду.

#### ЧТО НЕ УСТРАИВАЛО ПРОТИВНИКОВ ДОКЛАДА

Как мы уже упомянули, «Пределы роста» встретили немало нареканий со стороны специалистов. Странников представленного в них подхода оказалось не так много. Критика звучала громче, чем голоса одобрения, хотя небывалый читательский успех книги побудил многих специалистов заняться усовершенствованием модели World3, а также альтернативными разработками. Так что же не устраивало несогласных?

Прежде всего, следует заметить, что среди недовольных оказались представители многих отраслей знания: экономисты, биологи, геологи, математики, социологи, политологи, науковеды и даже философы. И все они — каждый от лица своей науки — упрекали авторов в упрощенчестве. Мир не так прост, как в модели World3, говорили критики и приводили примеры глобальных явлений и процессов, без учёта которых модель World3 заведомо не полна и не репрезентативна. В ней, например, не нашёл должного отражения научно-технический прогресс (НТП), хотя внедрение новых технологий сокращает, как известно, удельное потребление ресурсов, повышая эффективность их использования, и минимизирует антропогенное влияние на

природную среду в расчёте на единицу продукции.

Указывая на этот изъян, авторы критических статей говорили о необходимости, не прибегая к произвольным сценарным допущениям, описать на количественном уровне влияние НТП на ресурсные оценки и на сокращение негативных экологических последствий. Естественно, это оказалось делом далеко не простым, и большинство критиков отдавало себе отчёт в том, что многие ожидания в науке либо вообще не сбываются, либо оправдываются с большим опозданием. А потому и гипотезы, связанные с влиянием НТП на мировое развитие, не всегда могут служить основой для достоверных прогнозов. В 1960—1970 годах, например, мало кто сомневался, что к началу XXI века будет освоена термоядерная энергия. Сегодня же вряд ли кто-то решится делать на данный счёт какие-либо прогнозы. А многие вообще не уверены в целесообразности освоения этого вида энергии: в силу очень высокой водоёмкости управляемого термояда он может оказаться неконкурентоспособным в сравнении с возобновляемыми источниками энергии. В то же время практически никто не предполагал в 1970 году, что через тридцать лет сотовые телефоны завоюют мир, как не ожидалось тогда и пришествие интернета,



революционизировавшего всю нашу жизнь. Стоит напомнить также про панические настроения 1950-х годов по поводу скорого, как тогда казалось, исчезновения запасов серебра, использовавшегося для производства фото- и киноплёнки, почти исключительно чёрно-белой. Проблема снялась сама собой с переходом на цветную плёнку, а затем и на цифровые технологии. Число подобных примеров можно множить и множить.

Другим поводом для критики доклада Медоузов стала концепция так называемого нулевого роста. «Нерастущую экономику трудно вообразить», — писала газета «Нью-Йорк Таймс» 27 февраля 1972 года, — прийти к ней гораздо труднее, и она может навсегда замкнуть бедные страны в их нищете». А президент Джорж Буш-старший высказался ещё категоричнее: «Двадцать лет некоторые говорили о пределах роста. Но сегодня мы знаем, что рост — двигатель прогресса. Рост — друг окружающей среды».

Чего больше в этом высказывании — худшего вида популизма, отдающего предпочтение сиюминутным интересам перед тем, что «трудно вообразить», поскольку это касается не нынешнего, а будущих поколений (в полном соответствии с известной формулой «после нас — хоть потоп»), или нежелания понять всю серьёзность нависшей над человечеством угрозы? Но, с другой стороны, нельзя не учитывать присущих человеку экспансионистских устремлений к расширению своих владений, своих материальных возможностей, деловой активности и т. д., с которыми понятия «пределы роста» и «нулевой рост» действительно плохо состыковываются. Как, впрочем, и со стратегией самой жизни, которая базируется на сочетании экспансии с устойчивостью. Так что не стоит удивляться сопротивлению, нередко встречающемуся идеи нулевого или даже отрицательного роста. Но если в начале 1970-х годов они обладали силой новизны, которая это сопротивление отчасти заглушала, то впоследствии, когда новизна поблекла, «натура» взяла своё и в очередной раз вступила в конфликт с Природой.

Не будем, однако, дискутировать по поводу того, что правильнее: «рост — двигатель прогресса» или «прогресс — двига-

*Вдвоём и... со всем миром.  
Уральск (Казахстан). 2011 год.*



*Впереди — Йоханнесбург, самый крупный по численности населения город ЮАР — страны, разработавшей ядерное оружие и впоследствии от него отказавшейся. 2006 год.*

тель роста». Главное, как понимать слова *рост* и *прогресс*. Ведь в контексте работ Медоузов под ростом понимается, прежде всего, материальная его сторона, измеряемая массой и энергией. Именно для такого роста и выявляются пределы. К сожалению, многим критикам «Пределов роста», включая сорок первого президента США, никакой иной рост, по-видимому, и неинтересен. В то же время духовная сущность человека с необходимостью предполагает также и его культурное развитие, углубление научных знаний, совершенствование социальных отношений, философские и религиозные искания и т. д. И для подобного роста, обеспечиваемого сравнительно ничтожными материальными затратами, никаких пределов, по-видимому, не существует. Так что нулевой рост — это вовсе не остановка развития, а, прежде всего, нулевой прирост негативного воздействия на природу.

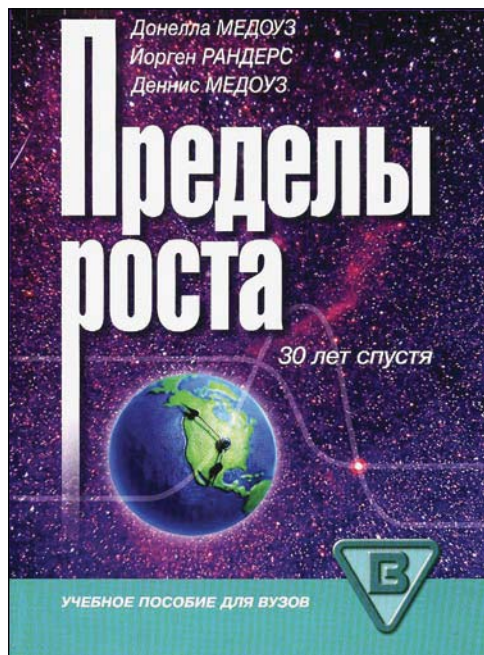
Однако в свете грозящей цивилизационной катастрофы правомерен вопрос и другого рода: следует ли именно рост ставить в фокус проблемы? Ведь угрозу представляет не рост сам по себе, а разрушения, которые ему сопутствуют. Сосредоточив внимание на разрушениях, неотрывных, увы, от современной цивилизации, точнее — на *пределах*

*этих разрушений*, мы переводим проблему в более конструктивное русло, позволяющее иметь дело с какими-то конкретными ориентирами. Причём не только в экологической, но и в социомедицинской и социогуманитарной сферах, потому что они тоже таят в себе немало угроз существованию человечества. Это и подрыв популяционного здоровья вида *Homo Sapiens*, и набирающие силу деструктивные социальные процессы, и многое другое, без чего невозможно вести речь о каком бы то ни было устойчивом развитии. А кроме того, в отличие от «пределов роста», понятие «пределы разрушения» созвучнее человеческой натуре, которой всё же свойственно оглядываться на дело рук своих, включая и разрушительные последствия собственной деятельности\*.

#### ЧЕТВЁРТОЙ КНИГИ НЕ БУДЕТ...

В 2004 году та же тройка авторов выпустила ещё одну, уже упоминавшуюся нами обновлённую версию своей книги под названием «Пределы роста. 30 лет спустя» с более глубоким обоснованием тезиса о принципиальной конечности ресурсного потенциала биосферы и с более широкой панорамой кризисных явлений в современном мире. ⇒

\* Подробнее о концепции пределов разрушения см. Данилов-Данильян В. И. Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ) // Экономика и математические методы, т. 39, № 2, 2003.



Много воды утекло с момента выхода первого издания, что позволило не только привлечь накопившийся богатейший научно-информационный ресурс, но и сравнить траекторию мирового развития с теми её вариантами, которые рассматривались в 1972 году. При этом обнаружилось на удивление точное совпадение показателей реального развития с инерционным сценарием начала 1970-х годов.

О чём это говорит? Прежде всего, о том, что человечество так и не приняло серьёзных мер для обеспечения стабильности мирового развития. И сегодня, по прошествии сорока с лишним лет после выхода первого издания, глобальные характеристики окружающей среды продолжают ухудшаться\*. Именно по этой причине инерционный сценарий 1972 года оказался столь близок к реальности. И следовательно, характер научно-технологических нововведений за прошедший период в целом соответствовал инерционному развитию, а имеющиеся исключения — возобновляемая энергетика и энергосбережение — общей картины не меняют и совершенно недо-

\* Единственное обнадеживающее на этом фоне событие — прекращение производства озоноразрушающих веществ и рост атмосферной концентрации озона.

статочны для того, чтобы корабль цивилизации действительно изменил свой курс. И это, может быть, главный урок, который должно было бы извлечь человечество из ретроспективной оценки первого доклада Римскому клубу и совпадения с жизнью его инерционных сценариев, но так, увы, и не извлекло.

Справедливости ради следует упомянуть и другие, альтернативные модели мирового развития, разработанные вслед за пионерным исследованием Медоузов. В частности, во втором докладе Римскому клубу «Человечество на перепутье» (1974) М. Месарович и Э. Пестель выдвинули идею так называемого органического роста. Она состояла в том, что отдельные регионы мира, будучи гармонично скоординированы между собой, развиваются каждый в соответствии со своей собственной спецификой, сообразуясь в то же время с интересами целого (некая аналогия с развитием живого организма). Но второй доклад в отношении методологии моделирования оказался ещё уязвимее первого, а вовлечение больших объёмов информации по регионам мира и усложнение моделей не привели к получению существенно новых результатов. А главное, ни этот, ни последовавшие за ним доклады Римскому клубу уже не имели такого резонанса, как «Пределы роста», которые в начале 1970-х годов прозвучали ударом колокола, предупреждавшим опьянённое успехами цивилизации человечество о том, куда эти успехи могут его завести.

Сегодня и модель World3, и книги, вышедшие из-под пера их авторов, изучают студенты многих университетов мира. Неоспоримо влияние этих работ и на деятелей старшего поколения — политиков, бизнесменов, учёных, от решений которых во многом зависит завтрашний день планеты. Впрочем, авторы не питают на сей счёт особых иллюзий. Ведь речь идёт о перестройке сознания целых народов, об изменении системы ценностей, жизненных ориентиров и стимулов, заставляющих людей «тратить природные ресурсы расточительнее, чем деньги», — словом, о смене вектора развития цивилизации, под стать той, что имела место во времена неолитической и промышленной революций. Но если первая заняла не одну тысячу лет, а вторая более сотни, то на экологическую

революцию человечеству отпущено всего несколько десятилетий.

«Время — это, пожалуй, последний предел в модели World3, и в "реальном мире" тоже, — говорится в книге "Пределы роста. 30 лет спустя". — Если бы у человечества времени было сколько угодно, то, по нашему мнению, способность справляться с проблемами была бы практически неограниченной». А эксперименты с моделью World3 убедительно показывают: чем дальше откладывает мир принятие решительных мер по стабилизации окружающей среды, тем больше сужаются его возможности перехода к устойчивому развитию. И то, что вчера ещё могло привести к успеху, завтра может не дать никакого результата.

В 2001 году не стало Донеллы Медоуз, бывшей душой этого маленького коллектива. Последнюю их книгу она так и не увидела напечатанной. Но именно ей в первую очередь обязаны авторы гуманистической составляющей своего труда, включением в его контекст таких, казалось бы, далёких от их профессиональной сферы понятий, как мудрость, чувство общности, ответственности и любви, на которые они возлагают, быть может, главную свою надежду. Этим

«неконкретным отвлечённостям» посвящена и подытоживающая его концовка: «Может ли мир вернуться в пределы устойчивости и избежать катастрофы? Можно ли со временем уменьшить экологическую нагрузку? Достаточно ли у нас технологий, денежных средств, дисциплины, ответственности, предусмотрительности, умения видеть, свободы, чувства общности и любви в глобальном масштабе? Из всех гипотетических вопросов, которые мы задали в этой книге, перечисленные только что вопросы, наверное, ответов не имеют, хотя многие люди претендуют на то, что знают их. <...> Истины же не знает никто».

В предисловии к последней части своей «трилогии», приуроченной к тридцатилетию выхода «Пределов роста», Д. Медоуз и Й. Рандерс писали, что планируют выпустить к сороковой годовщине следующую книгу — «Пределы роста. 40 лет спустя». Но планы переменились, и четвёртой книги не будет. Как признался Деннис Медоуз, нет смысла снова описывать сценарии будущего, поскольку, при всех разумных допущениях, это сценарии коллапса...

Фото Натальи Домриной.

*Растём!*

*Снято в Масеру (столица Королевства Лесото, анклава в Южной Африке). 2006 год.*

