

# Азбука СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ

Донелла Медоуз



Альберт Эйнштейн однажды сказал: «Невозможно решить проблему на том же уровне, на котором она возникла. Нужно стать выше этой проблемы, поднявшись на следующий уровень». *Азбука системного мышления* адресована не только ученым – она будет полезна всем, кто хочет подняться на следующий уровень.

Удо Симонис  
профессор Центра социологических исследований, Берлин, Германия

Эта простая и одновременно увлекательная книга любому читателю позволит увидеть, что на самом деле происходит в мире и что с этим можно сделать.

Эймори Ловинс  
руководитель научных исследований Института Рокки Маунтин, США

Дана Медоуз учит нас понимать системы, и это придает нам сил и решимости делать то, что действительно необходимо.

Джоан С. Дэвис  
доктор наук по химии окружающей среды,  
Швейцарский федеральный институт водных исследований и технологии

Каждый, кто прочтет *Азбуку системного мышления*, заметит, какое ужасающее невежество и некомпетентность проявляют наши политики, экономисты и управленцы в обращении со сложными динамическими системами. Книга Донеллы Медоуз показывает, как можно достичь устойчивых и полезных для всех результатов. Только преодолев невежество, мы сможем прийти к лучшему будущему.

Хартмут Боссел  
заслуженный профессор, бывший директор Центра исследования природных систем при университете Касселя, Германия

Небольшая книга с яркими примерами и рисунками постепенно, страница за страницей, открывает новое зрение – системное представление о мире природы и людей. Донелла Медоуз – всемирно известный ученый, ведущий автор знакомой русскоязычному читателю книги «Пределы роста», опытный преподаватель, лектор и журналист. Шаг за шагом она учит видеть системы вокруг нас, осваивать системное мышление, распознавать и понимать системные структуры, чтобы управлять ими.

Дмитрий Кавтарадзе  
доктор биологических наук, лауреат Премии Президента РФ в области образования

ISBN 978-5-9963-0301-4



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
**БИНОМ**

# Thinking in Systems

—A Primer—

Donella H. Meadows

*Edited by Diana Wright,  
Sustainability Institute*

CHELSEA GREEN PUBLISHING  
WHITE RIVER JUNCTION, VERMONT

# Азбука СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ

Донелла Медоуз

Под редакцией Дайаны Райт,  
Институт устойчивого развития

Перевод с английского  
канд. экон. наук Е. С. Оганесян

под редакцией члена-корреспондента РАН,  
доктора химических наук,  
профессора Н. П. Тарасовой



Москва  
БИНОМ. Лаборатория знаний  
2010

УДК 533+504+574+316  
ББК 65.23+60.56  
М42

Рецензент:  
доктор биологических наук Кавтарадзе Д. Н.

Медоуз Д. Х.

М42 Азбука системного мышления / Д. Х. Медоуз ; пер. с англ. ; под ред. чл.-корр. РАН Н. П. Тарасовой. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 343 с. : ил.

ISBN 978-5-9963-0301-4

В книге описаны возможности и преимущества системного подхода; показано, как важно владеть системным мышлением в современном мире; перечислены системные архетипы (в том числе «системные ловушки») и их характерные признаки. Многочисленные примеры существующих систем сопровождаются анализом их эффективности и путей для изменения их поведения. Отдельные главы посвящены вопросам прогнозируемого и непрогнозируемого поведения систем, системному подходу к анализу их структуры, а также поиску ключевых точек воздействия для достижения желаемого поведения систем.

Книга носит научно-популярный и междисциплинарный характер и адресована школьникам старших классов, студентам, преподавателям, предпринимателям, управленческому персоналу, лицам, принимающим решения, а также широкому кругу читателей, интересующихся вопросами устойчивого развития, экономики, экологии, имитационного моделирования и смежных областей знаний.

УДК 533+504+574+316  
ББК 65.23+60.56

По вопросам приобретения обращаться:  
«БИНОМ. Лаборатория знаний»  
Телефон: (499) 157-5272  
e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>



Copyright © 2008 by Sustainability Institute.  
Russian translation published by  
arrangement with Sustainability  
Institute, Harland VT, USA.  
© Перевод, оформление. БИНОМ.  
Лаборатория знаний, 2010

ISBN 978-5-9963-0301-4

---

Посвящается Дане  
(1941–2001)  
и всем, кто у нее учился

---

## Донелла Медоуз — современная Кассандра. Обращение к российским читателям

Кассандра, персонаж древнегреческой мифологии, была наделена способностью прорицать будущее, но никто не верил ее предсказаниям.

В 1972 г. Донелла Медоуз с соавторами (Деннисом Медоузом, Йоргеном Рандерсом, Вильямом Беренсом III) опубликовали отчет об исследовании, проведенном в Массачусетском технологическом институте и занявшем без малого два года. Книга «Пределы роста» содержала выводы, полученные в результате этого исследования, и описывала последствия, которые ожидают мир в долгосрочной перспективе, если сохранятся текущие тенденции роста численности населения, потребления энергии и природных ресурсов. Книга сделала Донеллу современной Кассандрой. Она была убеждена в том, что следует немедленно принимать меры, чтобы мир перешел к устойчивому развитию. И часто говорила о том, как нужны эти изменения, горячо доказывая их необходимость. Но большинство политиков и ведущих бизнесменов критиковали ее понимание проблем. Их интересовал только один вопрос: как ускорить экономический рост.

К 1990-м годам разрушительные последствия непрерывного роста — роста любой ценой — стали очевидными. Многие мировые лидеры заговорили о том, что так продол-

жаться дальше не может. Но Донелла чувствовала, что уже слишком поздно, время для перехода к устойчивому развитию упущено. Теперь она предлагала принимать меры, чтобы общество могло обеспечить основные потребности человечества даже в условиях экологического и экономического кризиса. Ей снова не поверили.

Удел Кассандры — испытывать гнев и горечь, но Донелла направила свои силы на то, чтобы учить других видеть окружающий мир иначе, мыслить по-другому. Она воспринимала мир как разнообразие взаимодействующих сил, сложное, но прекрасное. Человечество само создает себе проблемы, когда раз за разом принимает абсолютно рациональные решения ради достижения краткосрочных целей, вызывая при этом глобальные разрушения в долгосрочной перспективе. Дана верила: чем больше людей научится понимать системное поведение, как это сделала она сама, тем активнее они будут действовать, чтобы обеспечить человечеству выживание в будущем. Люди начнут предотвращать наступление проблем, которые она предвидела.

Книга, которую вы держите в руках, — часть усилий Донеллы, направленных на обучение. Текст создавался и дорабатывался на протяжении десяти лет. Дана всегда стремилась к совершенству; она могла начать серьезный проект, но отложить его на несколько лет, чтобы быть точно уверенной в том, что работа будет выполнена безупречно. Книга еще не была закончена, когда в 2001 г. Дана неожиданно заболела. Вскоре ее не стало.

Некоторые из ее рукописей до сих пор хранятся в коробке с материалами. Эту книгу закончила и отредактировала Дайана Райт — давняя подруга Донеллы и помощница в ее исследованиях. Дайана распространяла рукопись книги среди преподавателей и студентов Донеллы, чтобы закончить ее работу. В итоге ей удалось привести книгу к виду, в котором ее уже можно было опубликовать. Это потребовало больших усилий, но дело того стоило.

Эта книга станет классическим руководством по системному мышлению. Она не утратит актуальности ни в теку-

щем столетии, ни в следующем. Донелла начала писать ее почти двадцать лет назад, но и сейчас она нужна и полезна не меньше, чем тогда — в этом нет никаких сомнений. Конечно, специалисты, как это всегда бывает, найдут в тексте недоработки и упущения, но каждый читатель обнаружит в ней много полезного и познавательного. Книга позволяет развить способности к системному мышлению, которые пригодятся на протяжении всей жизни.

Системное мышление — понятие универсальное, и многие специалисты из самых разных областей знаний называют себя системными мыслителями с полным на то основанием. Инженеры, проектирующие системы управления для ядерных реакторов, мыслят системно. Консультанты, работающие в странах с традиционным укладом жизни и помогающие местному населению в странах Азии и Африки увеличить урожайность, мыслят системно. Экономисты, на основе статистики выявляющие зависимости между различными экономическими показателями и факторами, мыслят системно. Но все они используют понятия и допущения, относящиеся к их конкретной области знаний. К тому же их работы зачастую перегружены математическими выкладками и условными обозначениями, разобраться в которых могут только специалисты в той же самой области — всем остальным они совершенно непонятны.

Донелла была непревзойденным системным мыслителем, и ее книга сильно отличается от всего прочего, что написано на ту же тему. В «Азбуке системного мышления» она дает терминологию и инструментарий, которые может использовать любой читатель — даже тот, кто не силен в математике. В качестве примеров она приводит рост численности населения, динамику мирового улова рыбы, истощение запасов нефти, экономический рост и многое другое. Книга иллюстрирует глубокую убежденность Донеллы в том, что «системное мышление не ограничивается рамками какой-либо научной дисциплины или культуры. В каком-то смысле оно стоит над ними всеми и проявляется в любые моменты истории».

Проблемы, из-за которых была создана эта книга, не исчезнут при нашей с вами жизни. Но чтобы противостоять им, лучше вооружиться системным мышлением, а не пребывать в наивном заблуждении, будто у каждой проблемы есть простая причина и быстрое решение. Тогда мы обретем решимость вместо отчаяния. И в конце концов сможем прийти к такому обществу на нашей планете, которое будет использовать сложное, но прекрасное разнообразие взаимодействующих сил, чтобы избавиться от массы проблем, что человечество создало, еще не умея мыслить системно.

Дарем, Нью-Гемпшир, США  
23 ноября 2009 г.

*Деннис Медоуз*

## Предисловие редактора

В 1993 г. Донелла (Дана) Медоуз закончила работу над первой версией книги, которую вы держите в руках. Тогда ее публикацию отложили, но многие годы по рукам ходили компьютерные распечатки. В 2001 г. Дана скоропостижно скончалась, не успев закончить итоговый вариант книги. За годы, прошедшие после ее ухода, стало понятно, что работа была не напрасна и книга будет полезна самому широкому кругу читателей. Дана была не только ученым, но и писателем, и к тому же одним из лучших в мире популяризаторов системного моделирования.

В 1972 г. вышла книга «Пределы роста»; теперь она широко известна и переведена на множество языков. Дана была ее основным автором. Предостережения, которые Дана с соавторами адресовали всему миру, теперь признаны обоснованными, и очень точно характеризуют тот хаос, что воцарится на планете, если не взять под контроль неустойчивые модели поведения. «Пределы роста» упоминались в заголовках газет по всему миру, потому что в книге прямо утверждалось: постоянный рост населения и потребления может нанести серьезный вред экологическим и социальным системам, поддерживающим жизнь на Земле; стремление к бесконечному экономическому росту в конечном итоге приведет к разрушению большинства локальных, региональных и мировых систем. Выводы, сде-

ланные в «Пределах роста» и в продолжениях этой работы, снова попадают в заголовки газет каждый раз, когда мир сталкивается с очередными проблемами, будь то резкое повышение цен на нефть, изменение климата или другие последствия физического роста на планете, где уже живет 6,6 млрд человек.\*

Именно Дана сформулировала идею о том, что нужно пересмотреть наше представление о мире и его системах, чтобы изменить ход событий. На сегодняшний день уже повсеместно признано, что системное мышление — необходимый инструмент для решения множества экологических, политических, социальных и экономических проблем, с которыми сталкивается современный мир. Системы, будь они большие или маленькие, часто ведут себя схожим образом, и понимание их поведения, пожалуй, самый действенный путь к тому, чтобы изменить их на том или ином уровне. Дана писала эту книгу в надежде поделиться такими знаниями с широкой аудиторией. По этой же причине мы с коллегами из Института устойчивого развития\*\* решили, что надо подготовить книгу к изданию, несмотря на то, что ее автора уже нет с нами.

Может ли очередная книга чем-то помочь всему миру или лично вам, читатель? Я очень на это надеюсь. Возможно, вы работаете в компании (или владеете компанией) и страстно желаете, чтобы ваш бизнес или организация сделали шаг к лучшему будущему. Может быть, вы — лицо, принимающее решения, но кто-то постоянно ставит палки в колеса вашим начинаниям и выступает против новых идей. Или вы — менеджер, работающий от зари до зари, чтобы решить проблемы в компании или организации, но только для того, чтобы увидеть, как на месте преж-

\* 7 млрд человек, май 2010 г. — *Примеч. ред.*

\*\* Институт устойчивого развития (Sustainability Institute, штат Вермонт, США) был основан в 1996 г. Донеллой Медоуз и занимается применением системного мышления и методов обучения организаций для решения экономических, экологических и социальных проблем. — *Примеч. ред.*

них проблем сразу же возникают новые. Если вы считаете, что надо что-то менять в семье и обществе, в представлениях о моральных ценностях и их защите, то вы наверняка замечали, что иногда годы постепенных улучшений, давшихся с большим трудом, могут быть перечеркнуты всего несколькими неразумными действиями. Не исключено, что вы просто разочарованы тем, как трудно в современном обществе добиться хотя бы малого, но устойчивого изменения к лучшему.

Если вы думали об этом, то, скорее всего, книга Даны вам пригодится. Хотя сейчас можно найти массу литературы, в названии которой фигурирует «Системное моделирование» или «Системное мышление», но на самом деле существует реальная потребность в понятной и доступной книге о системах и о нас самих. Она должна объяснить, почему поведение систем бывает таким неожиданным, как можно научиться управлять ими и изменять их, а главное — она должна давать надежду на лучшее.

В то время, когда Дана писала первую версию «Азбуки системного мышления», она как раз закончила работу над книгой «За пределами роста» — обновлением издания «Пределы роста»\* по прошествии двадцати лет. Дана была постоянным участником научных программ по защите окружающей среды, сотрудничала с Комитетом по научным исследованиям при Национальном географическом обществе США и вела курсы по этике, окружающей среде и поведению систем в Дартмутском колледже. Вся ее деятельность была неразрывно связана с тем, что происходит вокруг нас каждый день, и она умела распознавать в происходящих событиях результаты поведения систем, подчас довольно сложных.

\* Обе книги издавались на русском языке: Медуз Д. Х., Медуз Д. Л., Рэндерс Й. За пределами роста. М.: Изд. группа «Прогресс», «Пангея», 1994. 304 с.; Медуз Д. Х., Медуз Д. Л., Рэндерс Й., Беренс В. Пределы роста. М.: Изд-во МГУ, 1991. 208 с. — Примеч. ред.

Исходную рукопись пришлось отредактировать, а структуру глав изменить, но все равно большая часть примеров, приведенных в этой книге, осталась в ней с первого варианта 1993 г. Эти примеры могут показаться вам несовременными, но, редактируя книгу, я предпочла оставить их как есть, потому что они не утратили актуальности и по-прежнему подходят для обучения. Начало 1990-х гг. памятно по распаду СССР и серьезным изменениям в других социалистических странах. В тот же период государства Северной Америки подписали соглашение о свободной торговле. Армия Ирака аннексировала Кувейт, а потом отступила, по пути поджигая нефтяные месторождения. Нельсона Манделу выпустили из многолетнего заключения, и ЮАР отменила режим апартеида. Президентом Польши избрали профсоюзного лидера Леха Валенсу, а президентом Чехословакии — драматурга Вацлава Гавела. Международная группа экспертов по изменению климата выпустила свой первый отчет по выбросам, в котором говорилось, что «выбросы в результате человеческой деятельности вызывают существенный рост концентрации парниковых газов в атмосфере, что приведет к усилению парникового эффекта и дополнительному росту температуры на поверхности Земли». В Рио-де-Жанейро прошла Конференция ООН по вопросам окружающей среды и развития.

В это время Дана участвовала в разных встречах и конференциях по всему миру. Читая в пути газеты International Herald Tribune, она за неделю нашла в ней массу примеров систем, которые нуждались либо в улучшении управления, либо в полном изменении структуры. Такие системы встречаются нам ежедневно, так что нет ничего удивительного, что Дана удалось набрать примеры из обычной газеты. Когда за ежедневными событиями вы начинаете улавливать общие тенденции (а они, в свою очередь, достаточно четко характеризуют внутреннюю структуру системы), уже не сложно увидеть новые пути управления и найти новые способы выживания в мире сложных систем. Я надеюсь, что книга Даны поможет читателям понимать системы, окру-

жающие нас, обмениваться информацией о них и вместе добиваться изменений к лучшему.

Я бы очень хотела, чтобы эта небольшая, изложенная доступным языком книга о поведении систем и о том, как мы их воспринимаем, оказалась полезной в мире, которому сейчас необходимы быстрые изменения, при том, что его системы очень сложны. Это простая книга о сложном мире. Это книга для тех, кто хочет создать ему лучшее будущее.

*Дайана Райт, 2008 г.*

## Другие книги, написанные Донеллой Х. Медоуз

*Harvesting One Hundredfold: Key Concepts and Case Studies in Environmental Education (1989)* — «Как собрать стократный урожай: ключевые понятия и изучение на примерах в образовании для устойчивого развития»; книга на русский язык не переводилась.

*The Global Citizen (1991)* — «Гражданин планеты»; книга на русский язык не переводилась.

В СОАВТОРСТВЕ С ДЕННИСОМ МЕДОУЗОМ:

*Toward Global Equilibrium (1973)* — «На пути к глобальному равновесию»; книга на русский язык не переводилась.

В СОАВТОРСТВЕ С ДЕННИСОМ МЕДОУЗОМ,  
ЙОРГЕНОМ РАНДЕРСОМ, ВИЛЬЯМОМ БЕРЕНСОМ III:

*The Limits to Growth (1972)* — Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рэндерс Й., Беренс В. «Пределы роста». М.: Изд-во МГУ, 1991. 208 с.

В СОАВТОРСТВЕ С ДЕННИСОМ МЕДОУЗОМ  
И ЙОРГЕНОМ РАНДЕРСОМ:

*Beyond the Limits (1992)* — Д. Х. Медоуз, Д. Л. Медоуз, Й. Рэндерс, «За пределами роста». М.: Изд. группа «Прогресс», «Пангея», 1994. 304 с.



*Limits to Growth: The 30-Year Update (2004)* — Донелла Медоуз, Деннис Медоуз, Йорген Рандерс, «Пределы роста. 30 лет спустя». М.: «Академкнига», 2008. 344 с.

В СОАВТОРСТВЕ С ДЕННИСОМ МЕДОУЗОМ И ДР.:

*The Dynamics of Growth in a Finite World (1974)* — «Динамика роста в конечном мире»; книга на русский язык не переводилась.

В СОАВТОРСТВЕ С ДЖОНОМ РИЧАРДСОНОМ И ГЕРХАРДОМ БРУКМАННОМ:

*Groping in the Dark: The First Decade of Global Modeling (1982)* — «Блуждая в потемках: первые десять лет глобального моделирования»; книга на русский язык не переводилась.

СОВМЕСТНО С ДЖЕННИ РОБИНСОН:

*The Electronic Oracle: Computer Models and Social Decisions (1985)* — «Электронный оракул: компьютерные модели и социальные решения»; книга на русский язык не переводилась.

## От автора

---

Эта книга появилась благодаря опыту системного моделирования и обучения, накопленному за тридцать лет десятками талантливых людей. Большая часть из них входила в группу системного моделирования при Массачусетском технологическом институте или работала в смежных отраслях. Основную роль сыграл, конечно же, Джей Форрестер, основатель группы. Кроме него, необходимо перечислить еще несколько человек, которые были моими учителями (и студентов, которые стали моими учителями): Эд Робертс, Джек Пью, Деннис Медоуз, Хартмут Боссел, Барри Ричмонд, Питер Сенге, Джон Стерман, Питер Аллен... В этой книге используются идеи, термины, примеры, цитаты, работы и знания огромного количества людей, отличных специалистов в своих областях. Всем им я очень благодарна и выражаю самую искреннюю признательность.

Многое удалось почерпнуть у выдающихся деятелей науки и политики. Насколько мне известно, они никогда не прибегали к компьютерному моделированию, но, тем не менее, действовали как природные системные мыслители. В этом ряду Грегори Бейтсон, Кеннет Боулдинг, Герман Дейли, Альберт Эйнштейн, Гарриет Хардин, Вацлав Гавел, Льюис Мамфорд, Гуннар Мюрдаль, Эрнст Фридрих Шумер... Сюда же можно добавить целый ряд современных корпоративных управленцев, а еще тех безымянных мудре-

цов и философов, которыми богата любая культура, от американских индейцев до суфиев Ближнего Востока. И пусть вам не кажется странным такое сочетание — системное мышление не ограничивается рамками какой-либо научной дисциплины или культуры. В каком-то смысле оно стоит над ними всеми и проявляется в любые моменты истории.

Коль скоро речь зашла о рамках, надо признать их влияние и на наше собственное мышление. Системщики используют междисциплинарные (точнее, наддисциплинарные) понятия, однако все мы — люди, и каждый из нас воспитан в рамках той или иной школы, того или иного мировоззрения. Я использую терминологию и обозначения из системной динамики, потому что специализировалась именно в этой области. В этой книге представлены только основные аспекты системной теории, вовсе не последние ее достижения. Я не затрагиваю отвлеченные и абстрактные теории; анализ меня интересует лишь постольку, поскольку он может помочь в решении реально существующих проблем. А если в один прекрасный день абстрактный подход в системной теории окажется полезен для этой цели (вполне возможно, что так и будет), тогда кто-нибудь просто напишет еще одну книгу.

Поэтому читателя надо честно предупредить: книга, которую вы держите в руках, как и все книги на свете, не может считаться полной или претендовать на абсолютную объективность. Если системный подход вас заинтересует, то системное поведение начнет обнаруживаться во всем, что нас окружает, и таких примеров будет гораздо больше, чем приведено в книге. Неизмеримо больше. Одна из моих задач как раз и состояла в том, чтобы вызвать интерес читателя. Другая цель (пожалуй, даже более важная) — научить вас понимать основы поведения сложных систем, чтобы с ними можно было успешно взаимодействовать, даже если ваше знакомство с системным подходом ограничится лишь этой книжкой.

*Донелла Медоуз, 1993 г.*

Если предприятие разрушено до основания, но движущая сила, создавшая его, никуда не исчезла, то эта сила просто создаст еще одно предприятие.

Если в результате революции правительство свергли, но общественное мнение и структуры, приведшие его к власти, остались прежними, то история повторится заново.

О системах так много говорят!  
И так мало в них понимают...

*Роберт Пирсиг.*

*«Дзен и искусство ухода за мотоциклом»*

## Введение: системный взгляд

Лица, принимающие решения, сталкиваются не с отдельными, не зависящими друг от друга проблемами, а с постоянно меняющейся ситуацией, в которой сложные сочетания изменяющихся проблем взаимодействуют и влияют друг на друга. Я называю это беспорядком...  
Лица, принимающие решения, не решают проблемы, они лишь управляют беспорядком.

*Рассел Эйкофф\*,  
специалист по теории управления*

Когда я начинаю вести очередной курс по системам, то часто приношу в аудиторию пружинку-Слинки. Если в детстве вам не довелось играть с такой игрушкой, поясню: Слинки — это длинная, свободная пружина, которую можно держать на весу, чтобы она болталась вверх-вниз, заставляя переваливаться из одной руки в другую и даже спускаться по лестнице со ступеньки на ступеньку.

Я кладу Слинки на ладонь одной руки, другой рукой беру ее за верхнюю часть, а затем убираю первую руку.

\* *Russell Ackoff*. The Future of Operational Research Is Past // Journal of the Operational Research Society. 30. 2 (February 1979). 93–104.

Нижние витки Слинки распускаются, и пружина совершает под моей рукой колебательные движения — вверх и вниз, вверх и вниз.

Затем задаю студентам вопрос: «Почему пружина колеблется вверх-вниз?»

«Потому что Вы убрали руку», — отвечают они.

Тогда я кладу Слинки в коробку, в которой продавалась эта игрушка, помещаю коробку на ладонь, берусь другой рукой за верхнюю часть пружинки и, выдержав драматическую паузу, снова убираю первую руку.

Ничего не происходит. Коробка застревает на витках пружины, не давая ей распусться.

Повторяю вопрос: «Почему пружина в прошлый раз колебалась вверх-вниз?»

Ответ заключается в конструкции игрушки. Руки лишь подавляют или высвобождают поведение, изначально свойственное пружине.

В этом вся суть системного подхода.

Если удастся установить взаимосвязь между структурой и поведением, то мы начинаем понимать, как работают системы, почему они дают те или иные результаты, и как изменить поведение таким образом, чтобы достичь лучших результатов. Современный мир быстро меняется, становится все сложнее, и системное мышление поможет видеть, пользоваться и управлять теми возможностями, что открываются перед нами. Именно этот тип мышления позволяет устанавливать настоящие причины проблем и находить способы их разрешения.

Что образует систему? Система — это набор элементов (клеток, молекул, людей, чего угодно), связанных друг с другом таким образом, что их взаимодействие определяет дальнейшее поведение системы. Системы могут подвергаться воздействиям, на них могут накладываться ограничения, какие-то факторы могут служить для них пусковым толчком, они могут управляться воздействиями извне. Однако отклик системы на подобные внешние воздействия — это прежде всего свойство самой системы, и в ре-

альном мире такие отклики практически никогда не бывают простыми.

Что касается пружинки-Слинки, то ее поведение понять несложно. Иначе обстоят дела с поведением таких систем, как отдельные люди, компании, города, экономические системы. Система сама определяет свое поведение в долгосрочной перспективе. Внешние воздействия могут высвобождать и активизировать поведение системы, но то же самое внешнее воздействие, приложенное к другой системе, вероятнее всего, приведет к совершенно другим результатам.

Задумайтесь о вытекающих из этого следствиях:

- Экономические взлеты и падения вызываются вовсе не действиями политических лидеров. Подъем или рецессия — неотъемлемые свойства рыночной экономики, ее структуры.
- Компании крайне редко теряют свою долю рынка из-за конкурентов. Те, конечно, извлекут из этого выгоду, но причины потерь заключаются (как минимум, частично) в деловой политике самой компании.
- За рост цен на нефть несут ответственность не только страны-экспортеры нефти. Только их собственные действия не могут приводить к глобальным скачкам цен и хаосу в экономике — в этом повинно также то, что политика потребления нефти, ценообразования и инвестирования, принятая в странах-импортерах, не дает построить в них экономику, устойчивую к перебоям в поставках.
- Вирус гриппа не нападает на вас — это вы создаете условия, при которых он может оказать вредное воздействие на ваш организм.
- Наркозависимость — это не ошибка отдельно взятого человека. И никакой отдельно взятый человек не в состоянии избавить наркомана от зависимости, какими бы чувствами он ни руководствовался и какие бы усилия ни прилагал. Даже сам наркоман в одиночку не

может победить зависимость. С ней можно справиться, только если осознать всю совокупность взаимных влияний и социальных проблем, одна из которых — пристрастие к наркотикам.

В этих утверждениях что-то вызывает сомнение, а что-то воспринимается как выражение здравого смысла. Такие реакции можно считать, соответственно, противостоянием системным принципам или их принятием. Это две стороны человеческого опыта, они знакомы каждому.

С одной стороны, нас всех учили анализировать, использовать рациональное мышление, устанавливать прямые связи между причиной и следствием, изучать новое небольшими порциями, легкими для понимания. Нас также учили, что проблемы можно решить, приняв конкретные меры, что миром вокруг нас можно управлять. Такое обучение позволяет обрести индивидуальную и общественную власть, и оно же заставляет нас считать виновниками всех проблем президентов, конкурирующие на рынке компании, организации вроде ОПЕК... Мы считаем грипп и наркозависимость *причинами* наших проблем.

С другой стороны, задолго до того, как мы начинаем осваивать рациональный анализ, мы уже имеем дело со сложными системами. Люди сами по себе — тоже сложные системы. Человеческий организм — замечательный пример интегрированной, взаимосвязанной, самоподдерживающейся сложной системы. Каждый человек, каждая организация, каждое животное, сад, дерево, лес — все это сложные системы. Мы осознаем это интуитивно, без анализа, часто даже без слов — это практическое понимание того, как эти системы работают и как с ними взаимодействовать.

Современные теории систем, неразрывно связанные с применением компьютеров и моделей, своей сложностью маскируют тот факт, что на самом деле основы поведения систем в той или иной степени интуитивно понимает каждый. В большинстве случаев можно изложить суть систем-

ного поведения не в сложных терминах, а в понятиях обычного здравого смысла.

Поскольку в сложных системах обратная связь имеет запаздывание, к тому моменту, когда проблема становится явной, ее уже гораздо сложнее разрешить.

— *Проблемы растут как снежный ком.*

В соответствии с принципом конкурентного исключения, если усиливающий цикл обратной связи\* вознаграждает победителя в соревновании дальнейшими выигрышами, то рано или поздно большинство конкурентов из соревнования будут исключены.

— *Ибо кто имеет, тому дано будет, а кто не имеет, у того отнимется и то, что имеет (Евангелие от Марка, 4:25).*

— *Богатые становятся еще богаче, а бедные еще беднее.*

Многообразные системы с большим количеством связей и резервных циклов демонстрируют большую стабильность и меньшую подверженность внешним воздействиям, чем однородные системы с малым разнообразием.

— *Не кладите все яйца в одну корзину.*

Начиная со времен промышленной революции, западное общество постоянно получало больше преимуществ от применения науки, логики и редукционизма, чем от интуиции и холистического мировоззрения. Психологически и политически мы склонны искать причину проблем прежде

\* Используемые в тексте здесь и далее словосочетания «усиливающий цикл», «усиливающая петля обратной связи», «усиливающая обратная связь» тождественны понятию «цикл (контур) с положительной обратной связью» — термину, широко используемому в отечественной литературе по системной динамике. Словосочетаниям «балансирующий цикл», «балансирующая петля обратной связи», «балансирующая обратная связь» соответствует понятие «цикл (контур) с отрицательной обратной связью». — *Примеч. ред.*

всего вовне, а не внутри. Практически невозможно удержаться от искушения обвинить кого-то или что-то снаружи, ведь это позволяет переложить ответственность на кого-то другого. Нам тогда потребуется лишь найти заветную кнопку управления, принять волшебную пилюлю или таблетку, создать нужный вид продукции — то есть найти техническое средство устранения проблемы.

Мы привыкли решать серьезные проблемы, сосредотачиваясь на внешних факторах, — предотвращая эпидемии оспы, увеличивая производство продовольствия, перемещая за короткое время большое количество грузов и людей на большие расстояния. Но из-за того, что эти факторы — лишь часть больших и сложных систем, некоторые из принятых «решений» на самом деле лишь создают другие проблемы. При этом некоторые из таких проблем — те, что непосредственно связаны с внутренней структурой сложных систем и вызывают наибольшие затруднения — вообще не удается разрешить.

Голод, нищета, деградация окружающей среды, экономические потрясения, безработица, хронические заболевания, наркозависимость, военные столкновения — все эти явления никуда не исчезают, несмотря на то, что человечество прилагает массу усилий, чтобы их искоренить. Эти проблемы никто специально не создает, и никто не хочет, чтобы они оставались нерешенными, но избавиться от них все равно не удается. Так происходит потому, что это внутренние, присущие самим системам проблемы, — это нежелательное поведение, порождаемое самой структурой системы. Добиться улучшения можно только в том случае, если люди начнут использовать свою интуицию, перестанут искать виноватых, поймут, что источник проблем имеет системный характер, и отважатся на то, чтобы изменить *структуру*.

Это очевидно. Но это ниспровергает устоявшиеся взгляды на жизнь, выглядит непривычным. Утешает то, что решения — в наших руках. Но одновременно тревожит то, что нам придется видеть, думать и действовать иначе, не так, как мы привыкли.

Эта книга о том, как научиться видеть и думать иначе. Она адресована тем, кто настороженно относится к понятию «системы» и теории системного анализа, хотя на самом деле в своей жизни все мы можем применять системный подход неосознанно. Обсуждения в книге содержат минимум технических подробностей, чтобы подчеркнуть, что в понимании системного поведения можно далеко продвинуться и без помощи компьютерного и математического моделирования.

В книге широко используются схемы и графики изменений во времени, поскольку системное поведение невозможно обсуждать только на словах. Предложения и положения, сформулированные словесно, носят линейный, последовательный характер, в то время как в системах события происходят нелинейно. Системы не однонаправленны, их деятельность происходит одновременно во множестве направлений. Чтобы обсуждение давало желаемый результат, иногда приходится использовать терминологию, которая носит тот же характер, что и само изучаемое явление.

В таких случаях иллюстрации более информативны, чем слова, ведь все части схемы или рисунка можно видеть одновременно. В книге используются структурные схемы, но их усложнение идет постепенно — сначала изучаются самые простые из них.

Изложение начинается с основ: определения понятия системы и анализа ее составных частей (здесь применяется редукционистский подход\*). Затем отдельные части системы сопоставляются друг с другом, чтобы показать, как они взаимодействуют в рамках единой системы — так описываются циклы (петли) обратной связи.

Затем вы познакомитесь с «системным зоопарком» — подборкой самых распространенных и интересных типов

\* Редукционизм (от лат. *reductio*) — методологический принцип, согласно которому сложные явления могут быть полностью объяснены с помощью законов, свойственных более простым явлениям. [Принцип редукции — сведение сложного к простому, высшего к низшему.] — *Примеч. ред.*

систем. Вы узнаете, как ведут себя некоторые из них и где их можно обнаружить в реальной жизни. Они присутствуют не только в нашем окружении, но и внутри нас, и вы научитесь распознавать их.

На примере нескольких таких «системных животных», специально подобранных для этой цели, можно показать, как системы ведут себя и по каким причинам именно так, а не иначе. Вы узнаете, почему так часто поведение систем становится для нас неожиданным и озадачивает. Мы увидим, как составные части системы — кто-то или что-то — пытаются работать рационально, в соответствии с общей целью, производя осмысленные действия, и как при этом достигаются просто ужасающие результаты. Как зачастую события происходят гораздо быстрее или наоборот, медленнее, чем кто-либо мог предполагать. Как действия, которые раньше всегда приводили к успеху, вдруг перестают давать ожидаемый результат, принося лишь разочарование. Как система внезапно, без предупреждения, начинает демонстрировать поведение, которое раньше и представить себе было нельзя.

Обсуждение этих явлений позволит изучить распространенные проблемы, над разрешением которых постоянно работают группы специалистов, умеющих применять системное мышление — в рамках корпораций, правительств, экологических и экономических систем, в области физиологии и психологии... Рассматривая распределение водных ресурсов между потребителями или распределение финансовых средств между образовательными учреждениями, мы увидим знакомые черты и придем к выводу о том, что это еще одна разновидность так называемой **трагедии общин**\*. Изучая правила ведения бизнеса и факторы, которые стимулируют или замедляют развитие

\* Трагедия общин известна также под названиями «трагедия общинных пастбищ», «трагедия ресурсов общего пользования» и т. п. Эта и другие часто встречающиеся системные структуры, генерирующие определенные типы поведения, подробно описаны в гл. 5 «Системные ловушки и возможности». — *Примеч. ред.*

новых технологий, мы научимся выделять **разрушительные и ложные цели**. Анализируя принятие решений властями и распределение ответственности в семье, сообществе или стране, мы увидим **сопротивление внешнему влиянию**. Мы изучим природу **зависимости и привыкания**, причем это явление гораздо шире, чем пристрастие к алкоголю, кофеину, никотину или наркотикам.

Специалисты в области системного мышления называют такие распространенные структуры, демонстрирующие определенный тип поведения, архетипами. В первой редакции этой книги вместо понятия «архетип» использовалось словосочетание «системные ловушки», но затем в названии появилось дополнение: «и возможности», поскольку даже те архетипы, которые ответственны за самые серьезные и потенциально опасные проблемы, можно преобразовать, чтобы их поведение приводило к желаемым результатам — для этого необходимо понять системность их поведения.

От понимания системности мы перейдем к изучению изменений в окружающих нас системах, в их структуре, научимся находить ключевые точки, воздействие на которые способно приводить к изменениям.

В завершающем разделе книги приводится информация о некоторых системах, с которыми мы сталкивались в жизни, — опыт и знания, накопленные и разделяемые большинством системных специалистов, знакомых автору. Тем, кто собирается дальше совершенствовать свои навыки системного мышления, будут полезны приложения в конце книги: глоссарий, список источников по теме, краткий обзор системных принципов, а также уравнения, используемые в моделях из первой части книги.

Когда некоторое время назад нашу небольшую исследовательскую группу перевели из Массачусетского технологического института в Дартмут-колледж, один из дартмутских профессоров инженерного направления сначала наблюдал за нашими семинарами со стороны, а потом пришел к нам с личным визитом. «Вы не такие, как все, —

сказал он. — Вы задаете другие вопросы. Вы видите то, чего я не вижу. Вы воспринимаете мир иначе. Как? Почему?»

Ответы на эти вопросы и должна дать вам эта книга, в особенности ее выводы. Не думаю, что системный подход всегда и во всем лучше редукционистского типа мышления. Они должны дополнять и корректировать друг друга. Какие-то явления можно изучать невооруженным глазом, другие с помощью микроскопа, третьи — с помощью телескопа, а некоторые требуют системного подхода и системной теории. Все эти явления реальны, но каждое из них можно зафиксировать только с помощью соответствующего инструментария. Каждый из этих методов позволяет так или иначе расширить наши знания об окружающем мире.

Наша жизнь становится все более хаотичной, население растет, различные факторы по-разному взаимодействуют между собой, изменения происходят все быстрее, поэтому чем больше методов познания мы сможем использовать, тем лучше. Системное мышление и системный подход позволяют нам использовать интуицию, чтобы:

- развивать способности к пониманию составных частей систем;
- улавливать взаимосвязи;
- задавать вопросы «Что, если...?» и анализировать будущее поведение систем,

а также

- уметь и не бояться менять структуру системы.

И тогда нам удастся изменить и себя, и мир вокруг нас.

### Притча о слепцах и слоне

По ту сторону от Эль-Гхора был город, все жители которого были слепыми. Однажды поблизости от города, в пустыне, расположился лагерь чужеземный царь со своим войском. В нем был огромный боевой слон, наводивший ужас на врагов одним своим видом.

Всем жителям города не терпелось узнать, что это такое — слон. Чтобы выяснить это, несколько слепцов отправились на его поиски. Не имея ни малейшего представления о том, какие бывают слоны, они принялись ощупывать его со всех сторон. И каждый, потрогав какую-то одну часть, решил, что теперь он знает о слонах все.

Трогавший ухо сказал:

— Слон — это нечто большое, широкое и шершавое, как ковер.

Тот, кто касался хобота, сказал:

— У меня есть о нем подлинные сведения. Он похож на большую пустую трубу, что внушает страх и сеет разрушение.

Тот, кто ощупывал ногу, сказал:

— Слон могуч и крепок, как колонна.

Каждый познал лишь часть целого. И каждый был неправ...\*

Эта древняя суфийская притча служила многим поколениям уроком, который мы, к сожалению, часто упускаем из виду: нельзя понять поведение системы лишь по составляющим ее частям.

\* *Idries Shah. Tales of the Dervishes. New York: E. P. Dutton, 1970. 25.*

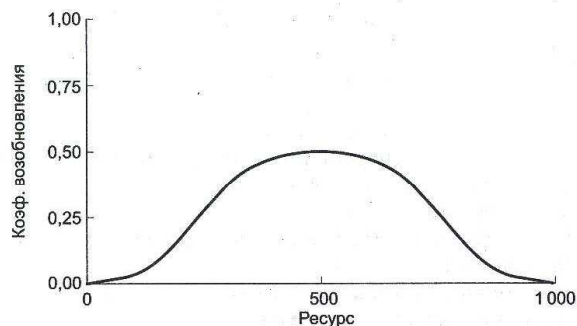
## Часть I

# Системные структуры и поведение

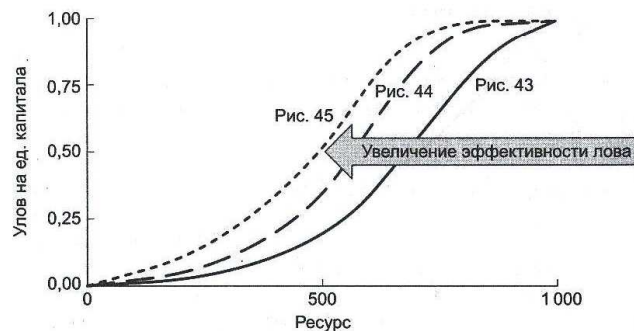
- Глава I. Основы
- Глава II. Краткий обзор систем разных типов (экскурсия в «системный зоопарк»)



или  
коэф. возобновления (в остальных случаях) изменяется согласно графику, достигая максимального значения 0,5 в середине диапазона



улов на ед. капитала начинается со значения 1, пока запас ресурса велик, но затем нелинейно снижается по мере истощения ресурса. Изменение улова на ед. капитала показано на графике: наименьшая эффективность лова показана на рис. 43, средняя эффективность лова — на рис. 44, наибольшая эффективность — на рис. 45.



## Список источников по теме

Кроме источников, перечисленных в сносках по тексту, тем, кто начинает изучать системы, можно порекомендовать еще некоторые книги. Существует много разной литературы по системной динамике и системному мышлению, причем для самых разных сфер науки и повседневной жизни\*. Кроме того, много интересных ссылок можно найти на сайте [www.ThinkingInSystems.org](http://www.ThinkingInSystems.org).

### Системное мышление и моделирование

#### Книги

Bossel, Hartmut. *Systems and Models: Complexity, Dynamics, Evolution, Sustainability*. (Norderstedt, Germany: Books on Demand, 2007). Подробный учебник, описывающий основные теории и подходы к понима-

\* Автор приводит англоязычные источники. К сожалению, на русском языке литературы по системной динамике не так много. Издание книги, которую вы держите в руках, — попытка восполнить этот пробел. Для тех немногих работ, которые издавались на русском языке, мы приводим выходные данные и на англоязычный источник, и на переводное издание. В дополнение к ним даются ссылки на работы, созданные отечественными учеными, а также некоторые русскоязычные ресурсы. — Примеч. ред.

нию и моделированию сложных систем, определяющих динамику современного мира. В учебнике приводится большой список литературы по теме.

- Bossel, Hartmut. *System Zoo Simulation Models*. Vol. 1: *Elementary Systems, Physics, Engineering*; Vol. 2: *Climate, Ecosystems, Resources*; Vol. 3: *Economy, Society, Development*. (Norderstedt, Germany: Books on Demand, 2007). Подборка описаний и результатов имитационного моделирования для более чем 100 динамических систем, относящихся к самым разным областям науки, с полной документацией на модели, подробными результатами, упражнениями и возможностью бесплатной загрузки имитационной модели.
- Forrester, Jay. *Principles of Systems*. (Cambridge, MA: Pegasus Communications, 1990). Впервые эта работа была опубликована в 1968 г., она положила начало системной динамике как науки.
- Laszlo, Ervin. *A Systems View of the World*. (Cresskill, NJ: Hampton Press, 1996).
- Richardson, George P. *Feedback Thought in Social Science and Systems Theory*. (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1991). Долгая, богатая на события и очень интересная история обратных связей в социальной теории.
- Sweeney, Linda B. and Dennis Meadows. *The Systems Thinking Playbook* (2001). Подборка из 30 упражнений для развития системного мышления и представлений о мысленных моделях. (Книга издавалась на русском языке: Линда Бут Свини, Деннис Медоуз. Сборник игр для развития системного мышления. М.: Издательство «Просвещение», 2007. 288 с.)

*Организации, веб-сайты, периодические издания и программное обеспечение*

- Creative Learning Exchange — организация, специализирующаяся на воспитании «системных граждан» в образовании К-12. Издает бюллетень *The CLE Newsletter* и книги для преподавателей и студентов, [www.clexchange.org](http://www.clexchange.org)
- isee systems, Inc. — разработчик языка программирования *STELLA* и программного обеспечения *iThink* для моделирования динамических систем, [www.iseesystems.com](http://www.iseesystems.com)
- Pegasus Communications — издательство выпускает два бюллетеня: *The Systems Thinker* и *Leverage Points*, а также различные книги и другие материалы по системному мышлению, [www.pegasus.com](http://www.pegasus.com)
- System Dynamics Society — международный форум для исследователей, преподавателей, консультантов и всех, кто развивает и использует системное мышление в любой стране мира. Официальный журнал общества System Dynamics Society: *The Systems Dynamics Review*, [www.systemdynamics.org](http://www.systemdynamics.org)
- Ventana Systems, Inc. — разработчик программного обеспечения *Vensim* для моделирования динамических систем, [vensim.com](http://vensim.com)

#### Системное мышление и бизнес

- Senge, Peter. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. (New York: Doubleday, 1990). Системное мышление в бизнес-среде, а также вытекающий из него философский подход и дополнения к системному мышлению — гибкость и представление мысленных моделей. (Книга издавалась на русском языке: Питер Сенге. Пятая дисциплина. Искусство и практика обучающейся организации. М.: Издательство «Олимп-Бизнес», 2009. 448 с.)

Sherwood, Dennis. *Seeing the Forest for the Trees: A Manager's Guide to Applying Systems Thinking*. (London: Nicholas Brealey Publishing, 2002).

Sterman, John D. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. (Boston: Irwin McGraw Hill, 2000).

#### Системное мышление и окружающая среда

Ford, Andrew. *Modeling the Environment*. (Washington, DC: Island Press, 1999).

#### Системное мышление, общество и социальные сдвиги

Macy, Joanna. *Mutual Causality in Buddhism and General Systems Theory*. (Albany, NY: Stat University of New York Press, 1991).

Meadows, Donella H. *The Global Citizen*. (Washington, DC: Island Press, 1991).

#### Литература и ресурсы на русском языке

Борщев А. *От системной динамики и традиционного имитационного моделирования — к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты*. СПб, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2004.

Карпов Ю. Г. *Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с Anylogic 5*. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 400 с.

Каталевский Д. Ю. *Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении*. Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2010. 262 с. (в печати)

Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рэндерс Й., Беренс В. *Пределы роста*. М.: Изд-во МГУ, 1991. 208 с.

Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рэндерс Й. *За пределами роста*. М.: Изд. группа «Прогресс», «Пангея», 1994. 304 с.

Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рэндерс Й. *Пределы роста. 30 лет спустя*. М.: «Академкнига», 2008. 344 с.

Медоуз Д. Л. и др. *От соперничества к сотрудничеству*. Практическое руководство к активным методикам в экологическом образовании. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1999. 237 с., ил.

О'Коннор Дж., Макдермотт Й. *Искусство системного мышления. Необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем*. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. 256 с.

Свини Л. Б., Медоуз Д. Л. *Сборник игр для развития системного мышления*. М.: Издательство «Просвещение», 2007. 288 с.

Сенге П. *Пятая дисциплина. Искусство и практика обучающейся организации*. М.: Издательство «Олимп-Бизнес», 2009. 448 с.

Сенге П., Клейнер А., Робертс Ш., Росс Р., Рот Дж., Смит Б. *Танец перемен: новые проблемы самообучающихся организаций*. М.: Издательство: Олимп-Бизнес, 2004. 624 с.

Сенге П., Кэмброн-Маккейб Н., Даттон Дж. и др. *Школы, которые учатся: книга ресурсов пятой дисциплины* // пер. Л. В. Трубицыной. М. «Просвещение», 2010. 575 с.

Сидоренко В. Н. *Системная динамика*. М.: Экономический факультет МГУ; ТЕИС, 1998. 205 с.

Форрестер Дж. *Мировая динамика*. М.: Наука, 1978. 167 с.

Сайт российского отделения общества системной динамики: [www.sdrus.org.ru](http://www.sdrus.org.ru)

## Оглавление

---

Донелла Медоуз — современная Кассандра. Обращение к российским читателям .....	6
Предисловие редактора .....	10
Другие книги, написанные Донеллой Х. Медоуз .....	15
От автора .....	17
Введение: системный взгляд .....	20
<b>Часть I. Системные структуры и поведение</b>	
Глава 1. Основы .....	33
Глава 2. Краткий обзор систем разных типов (экскурсия в «системный зоопарк») .....	69
<b>Часть II. Системы и люди</b>	
Глава 3. Почему системы так эффективны .....	127
Глава 4. Почему поведение систем бывает таким неожиданным .....	145
Глава 5. Системные ловушки и возможности .....	185

### Часть III. Изменяем системы и мировоззрение

Глава 6. Ключевые точки — возможность изменить поведение системы .....	235
Глава 7. Жизнь в мире систем .....	269

### Приложения

Глоссарий .....	301
Краткий обзор системных принципов .....	305
Преодоление системных ловушек .....	310
Точки воздействия для изменения поведения системы (по порядку возрастания важности) .....	315
Жизнь в мире систем: рекомендации .....	316
Уравнения, используемые в моделях .....	317
Список источников по теме .....	329
Алфавитный указатель .....	334

*Научно-популярное издание*

**Медоуз Донелла Х.**

**АЗБУКА СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ**

Ведущий редактор *Д. Новикова*

Художник *С. Инфантэ*

Технический редактор *Е. Денокова*

Корректор *Е. Клитина*

Компьютерная верстка: *Л. Катуркина*

Подписано в печать 20.07.10. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 21,5. Тираж 2000 экз. Заказ № 4025.

Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

При участии ООО Агентство печати «Столица»

т/ф (495) 331-14-38, e-mail: [apstolica@bk.ru](mailto:apstolica@bk.ru)

Отпечатано в полном соответствии с качеством  
предоставленных материалов в ОАО «Дом печати — ВЯТКА».

610033, г. Киров, ул. Московская, 122.

Факс: (8332) 53-53-80, 62-10-36

<http://www.gipp.kirov.ru>

e-mail: [pto@gipp.kirov.ru](mailto:pto@gipp.kirov.ru)

