

Д. Х. Медоуз
Дж. М. Робинсон

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОРАКУЛ

Компьютерные
модели
и решение
социальных
проблем



ИЗДАТЕЛЬСТВО

БИНОМ

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОРАКУЛ

D. H. Meadows

and

J. M. Robinson

The Electronic Oracle

Computer
Models
and
Social
Decisions

Reprint with forewords by
Dennis Meadows and John Sterman

System Dynamics Society
Albany, New York

Д. Х. Медоуз
Дж. М. Робинсон

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОРАКУЛ

Компьютерные
модели
и решение
социальных
проблем

Перевод с английского
кандидата экономических наук
Е. С. Оганесян

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



Москва
БИНОМ. Лаборатория знаний

УДК 004.9
ББК 20.18
М42

Медоуз Д. Х.

М42 Электронный оракул. Компьютерные модели и решение социальных проблем / Д. Х. Медоуз, Дж. М. Робинсон ; пер. с англ. Е. С. Оганесян ; под ред. Н. П. Тарасовой. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 527 с. : ил.

ISBN 978-5-9963-1138-5

Несмотря на грандиозные достижения технологий, повсеместное распространение компьютеров, видеоигр и компьютерных моделей, содержание этой книги, впервые изданной в 1985 г., совершенно не утратило актуальности и имеет значимость сегодня ничуть не меньше, чем во времена первого издания. Процедуры, которые авторы разработали для того, чтобы выявлять скрытые предположения, проверять правильность оценок и тенденций, по умолчанию заложенных в модель, показывать некорректность методов, не дающих клиентам и разработчикам учиться и делать верные выводы, имеют очень большое значение и в настоящее время. Они позволяют эффективно использовать моделирование и получать от него практическую пользу в реальном мире. Книга частью предугадала, а частью сформировала новые важные представления и идеи в области системной динамики, включая значение моделирования для обучения, групповые разработки моделей, системное мышление и организационное обучение.

Для разработчиков моделей, ученых, публичных деятелей, политиков и управленцев.

УДК 004.9
ББК 20.18

Научно-популярное издание

**Медоуз Донелла Х.
Робинсон Дженнифер М.**

**ЭЛЕКТРОННЫЙ ОРАКУЛ.
КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ И РЕШЕНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ**

Ведущий редактор *Ю. А. Серова*. Художник *Н. А. Новак*
Технический редактор *Е. В. Денюкова*. Корректор *Е. Н. Клитина*
Компьютерная верстка: *В. И. Савельев*

Подписано в печать 18.12.12. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 42,90. Тираж 1000 экз. Заказ

Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»
125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3
Телефон: (499) 157-5272, e-mail: binom@Lbz.ru, http://www.Lbz.ru

-
- © 1985 International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).
Перевод публикуется и продается с разрешения IIASA, владельца всех прав на публикацию и продажу этого произведения
 - © Предисловие. Деннис Медоуз, 2007
 - © Предисловие. Джон Стерман, 2007
 - © БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. Авторизованный перевод английского издания

ISBN 978-5-9963-1138-5

Оглавление

Посвящение	5
Выражение благодарности	5
Обращение к российским читателям	6
О Дане Медоуз	9
О репринтном издании «Электронного оракула»	14
Вступление	17

Часть I. Введение

Глава 1. Электронный оракул	25
1.1. Компьютерные модели: новые оракулы.	25
1.2. Сравнительный обзор моделей	28
1.3. Краткое содержание книги	32
1.4. Некоторые термины и определения	33
1.5. Личная позиция.	36

Часть II. Основные принципы моделирования

Глава 2. Модели для процесса моделирования	42
2.1. Понятие парадигмы	42
2.2. Распространенные заблуждения, предрассудки и цели моделирования	44
2.3. Парадигмы и основные принципы.	51
2.4. Составные модели	112
2.5. Пример конфликта парадигм: эконометрика и системная динамика.	114
2.6. Заключение	130

Часть III. Девять моделей

Глава 3. Как описать модель?	138
3.1. Перечень основных характеристик	138
3.2. Диаграмма границ	143
3.3. Причинно-следственная диаграмма	144
3.4. Структура для сравнения	147
3.5. Устойчивость и чувствительность	152
Глава 4. SAHEL: трагедия общин	154
4.1. Организационные вопросы	154
4.2. Цели	155
4.3. Методы	156
4.4. Границы	156
4.5. Структура	157
4.6. Данные	164
4.7. Выводы	164
4.8. Тестирование	166
4.9. Требования к компьютеру	168
4.10. Реализация	168
4.11. Документирование	170
Глава 5. RfF: превращаем трактор в комбайн.	172
5.1. Организационные вопросы	172
5.2. Цели	173
5.3. Методы	173
5.4. Границы	176
5.5. Структура	178
5.6. Данные	180
5.7. Тестирование	182
5.8. Выводы	184
5.9. Реализация	187
5.10. Документирование	188
Глава 6. SOS: идеально приспособленное общество	192
6.1. Организационные вопросы	192
6.2. Цели	193
6.3. Методы	194
6.4. Границы	195
6.5. Структура	198
6.6. Данные	206
6.7. Тестирование	206
6.8. Выводы	208

6.9. Реализация	210
6.10. Требования к компьютеру	211
6.11. Документирование	211
Глава 7. TEMPO: обучаем страны третьего мира	214
7.1. Организационные вопросы	214
7.2. Цели	215
7.3. Методы	216
7.4. Границы	216
7.5. Структура	218
7.6. Данные	222
7.7. Выводы	224
7.8. Тестирование	226
7.9. Реализация	226
7.10. Требования к компьютеру	228
7.11. Документирование	229
Глава 8. LTSM: «гонка вооружений» между производством и потреблением	231
8.1. Организационные вопросы	231
8.2. Цели	232
8.3. Методы	233
8.4. Границы	234
8.5. Структура	236
8.6. Данные	244
8.7. Тестирование	245
8.8. Выводы	247
8.9. Реализация	248
8.10. Требования к компьютеру	249
8.11. Документирование	249
Глава 9. VACHUE: робот-сороконожка	253
9.1. Организационные вопросы	253
9.2. Цели	254
9.3. Методы	255
9.4. Границы	257
9.5. Структура	260
9.6. Данные	265
9.7. Тестирование	265
9.8. Выводы	267
9.9. Реализация	269
9.10. Требования к компьютеру	270
9.11. Документирование	270

Глава 10. KASM: сборная солянка, а не пюре	272
10.1. Организационные вопросы	272
10.2. Цели	274
10.3. Методы	274
10.4. Границы	275
10.5. Структура	276
10.6. Данные	279
10.7. Выводы	281
10.8. Тестирование	285
10.9. Реализация	286
10.10. Требования к компьютеру	288
10.11. Документирование	289
Глава 11. MexicoV: статистические заплатки	292
11.1. Организационные вопросы	292
11.2. Цели	293
11.3. Методы	293
11.4. Границы	296
11.5. Структура	297
11.6. Данные	303
11.7. Тестирование	304
11.8. Выводы	305
11.9. Требования к компьютеру	307
11.10. Реализация	307
11.11. Документирование	308
Глава 12. СНАС: оптимизация сельского хозяйства в Мексике	311
12.1. Организационные вопросы	311
12.2. Цели	312
12.3. Методы	313
12.4. Границы	318
12.5. Структура	320
12.6. Данные	325
12.7. Тестирование	326
12.8. Выводы	327
12.9. Требования к компьютеру	332
12.10. Реализация	333
12.11. Документирование	334

Часть IV. Современное положение дел

Глава 13. Составные элементы модели: процесс индустриализации	339
13.1. Рост численности населения	342

13.2. Производство и распределение	355
13.3. Изменения в технологиях	372
13.4. Миграция и распределение рабочей силы.	388
13.5. Окружающая среда и природные ресурсы.	405
13.6. Заключение.	416
Глава 14. Качество моделирования: преимущества компьютерных моделей	423
14.1. Строгость	424
14.2. Полнота	428
14.3. Внутренняя логика	430
14.4. Понятность и доступность	433
14.5. Проверимость.	435
14.6. Заключение: есть что улучшить	438
Глава 15. Реализация: как меняется мир.	442
15.1. Значимость моделей и применяемых стратегий: необходимое отступление от темы	443
15.2. Записи о реализации, какими мы их видим.	448
15.3. Некоторые предположения	452
 Часть V. Рекомендации и улучшения	
Глава 16. Список предложений для улучшения	462
16.1. Проблемы с уровнем знаний	463
16.2. Организационные проблемы	466
16.3. Проблемы реализации на практике	469
16.4. Чем ценны рекомендации	479
Глава 17. Как меняется область моделирования	487
17.1. Первичные источники информации о структуре систем	491
17.2. Создатели моделей — ученые	493
17.3. Создатели моделей — политики.	499
17.4. Создатели моделей — обычные люди	505
Эпилог.	511
Алфавитный указатель	516

Посвящение

Джеральду О. Барни, благодаря которому мы начали работу и не останавливались на полпути, и Хью Дж. Майзеру, который настоял, чтобы мы довели ее до конца.

Выражение благодарности

Мы благодарим издательство *John Wiley & Sons*, а также владельца авторских прав, Международный институт прикладного системного анализа (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA), за разрешение на публикацию репринтного издания.

Особую признательность мы выражаем Деннису Медоузу и Джону Стерману, которые написали предисловия к этой книге.

Кроме того, мы должны поблагодарить Джейн и Аллена Бурштейнов и множество анонимных жертвователей, собравших первоначальный взнос на публикацию книги. Без этого выпуск репринтного издания был бы невозможен.

Обращение к российским читателям

Творчество Донеллы Медоуз (Даны, как звали ее многочисленные друзья и коллеги) знакомо многим читателям в нашей стране благодаря книгам «Пределы роста», «За пределами роста» и «Пределы роста: 30 лет спустя». Последняя работа увидела свет уже после скоропостижной кончины Даны и была посвящена соавторами — Деннисом Медоузом и Йорнгеном Рандерсом — ее памяти. Именно «легкое перо» Даны помогло многочисленной читательской аудитории воспринять мировоззрение устойчивого развития и трансформировать его в конкретные поступки каждодневной жизни. Донелла Медоуз была и остается в благодарной памяти друзей и учеников подлинным «гражданином мира».

Книга «Электронный оракул» на русском языке публикуется впервые. Написанная Даной в сотрудничестве с Дженнифер Робинсон, она представляет собой удачный пример анализа различных подходов к моделированию сложных социально-экономических систем (подзаголовок книги — «Компьютерное моделирование и социальные решения»). Появлению книги предшествовал длительный период сбора материала, бесед с разработчиками и пользователями моделей. Донелла умела и любила общаться с людьми. Разделяя позицию Ауреллио Печчеи, основателя и многолетнего президента Римского клуба, она считала «человеческие качества» важнейшим фактором, приведшим к возникновению глобальных проблем, а их совершенствование — единственным способом избежать коллапса современной цивилизации. Поэтому читатель «Электронного оракула» часто встретит на его страницах описание мотивов, двигавших заказчиками и разработчиками моделей. Другой особенностью книги является достаточно большое количество цитат, которыми подтверждаются суждения авторов. «Электронный оракул» — новаторская для 70-х годов XX века работа, поэтому такой подход представляется оправданным. Столкнувшись с валом критических статей, обрушившихся на вышедшую несколькими годами ранее книгу «Пределы роста» (теперь, 40 лет спустя, очевидно, что критика в основном носила конъю-

юнктурный характер), Дана предпочла таким образом облегчить судьбу «Электронного оракула». В настоящем издании мы сочли возможным, без ущерба для основного содержания, опустить в некоторых главах многочисленные цитаты.

Первые две части книги — «Введение» и «Основные принципы моделирования» — переведены без сокращений. Во-первых, потому, что в них мало цитат. Во-вторых (и это главное!), потому, что в них изложены основополагающие понятия, использующиеся в компьютерном моделировании, и подробно рассмотрены четыре основных метода/подхода/парадигмы в этой области: системная динамика, эконометрика, межотраслевой баланс (метод «затраты-выпуск») и оптимизация. На этой четверке базируются любые варианты моделей. Правда, для реального использования пригодны не все возможные сочетания методов. Например, принципиальные положения эконометрики и системной динамики различаются настолько, что такой гибрид абсолютно нежизнеспособен. Этому вопросу посвящен подраздел 2.5 («Пример конфликта парадигм: эконометрика и системная динамика»).

Следует особо отметить, что ни в одной другой книге не проводится такой глубокий анализ различных методов моделирования, их сравнение, сопоставление сильных и слабых сторон, — в этом отношении «Электронный оракул» просто уникален. В отличие от многих других авторов, мысливших исключительно в рамках своей дисциплины, Донелле удалось подробно изложить суть каждого метода и объективно оценить его пригодность для практических целей.

В части III описаны девять моделей, причем каждая подробно разобрана по одному и тому же плану: организационные вопросы (как, когда, кем и для кого создавалась модель), какая была поставлена цель (и была ли она достигнута), какие применялись методы (и обоснован ли сделанный выбор), каковы границы и структура модели, какие данные положены в ее основу, какие выводы сделаны разработчиками, как проводилось тестирование модели (и проводилось ли оно вообще), была ли модель применена на практике, предъявлялись ли специфические требования к мощности компьютера и сопровождалась ли разработка подробной и понятной документацией. Эта часть книги переведена с сокращениями, но не в ущерб основному смыслу. Сохранены все ключевые для понимания подразделы, убраны только сугубо технические детали. Те читатели, кому интересны такие тонкости (например, для самостоятельного воссоздания модели), все равно будут вынуждены обратиться к исходным материалам (в идеале — к самому программному коду) или к блок-схемам, если они сохранились у разработчиков. В оригинальном издании эти данные все равно не приводились.

Хотя со времени написания книги «Электронный оракул. Компьютерные модели и решение социальных проблем» прошло несколько де-

сятелетий, ее содержание абсолютно не утратило актуальности. Хотя вычислительная техника и стала на порядки мощнее, появилось самое разнообразное программное обеспечение, тем не менее все базовые принципы моделирования (а также основные заблуждения и ошибки в применении) остались в силе. Именно этому посвящена часть IV книги. В ней анализируется положение дел по ключевым для глобальной проблематики областям: рост численности населения, особенности производства и распределения, изменения в технологиях, миграция и распределение рабочей силы, окружающая среда и природные ресурсы. Эти разделы переведены с небольшими сокращениями, в основном за счет цитат.

В главе 14 приводятся критерии для оценки качества моделей, и это тоже отличает «Электронного оракула» от многих других работ, авторы которых зачастую описывают конкретные методы и собственные модели. Донелла Медоуз идет значительно дальше, формулируя общие критерии, имеющие универсальный характер и применимые к любой модели. Глава 15 показывает «кухню» разработчиков, повествуя о целях тех, кто заказывает модели, и тех, кто их создает, о побочных эффектах и неожиданных последствиях, о непонимании между представителями разных областей деятельности. Об этом и сегодня мало кто задумывается, еще меньше людей отваживаются поднять этот вопрос среди коллег, и лишь единицы способны открыто написать об этом в статье или книге. Донелла же не только четко обозначила подобные проблемы, но еще и дала рекомендации, чтобы улучшить положение дел в компьютерном моделировании, — этому посвящена часть V. **И читается этот текст так, словно написан он совсем недавно, а не в семидесятые годы прошлого века.** Дана всегда думала о будущем.

В заключение несколько слов о переводчице книги. Екатерина Оганесян с отличием окончила факультет кибернетики химико-технологических процессов Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева. Она — кандидат экономических наук, член Балатонской группы, лауреат Фонда Донеллы Медоуз.

*Н. П. Тарасова,
член-корреспондент РАН,
профессор*

О Дане Медоуз

Мы приняли решение выпустить репринтное издание «Электронного оракула» во время ежегодной встречи Международного общества системной динамики, проходившей в 2001 г. в Атланте, шт. Джорджия. В ходе той встречи Джон Стерман собрал группу докладчиков, выступления которых были посвящены основным положениям, сформулированным в свое время Донеллой Медоуз, и подчеркивали важность ее работ для развития системной динамики. В кругу друзей все называли ее Даной. Я был одним из докладчиков группы и упомянул многочисленные публикации Даны, подчеркнул особую роль, которую сыграла книга «Электронный оракул», и выразил сожаление, что больше она не издавалась. Для многих студентов и исследователей, серьезно изучающих системную динамику и применяющих математическое моделирование, чтобы разобраться в поведении сложных социальных и экономических систем, эта работа до сих пор служит уникальным источником информации.

Дана начала работать в области системной динамики уже после получения ученой степени и завершения формального образования. К этому моменту она уже имела степень доктора философии, полученную в Гарвардском университете, и обладала довольно широкой известностью среди биофизиков. Однажды вечером, в июне 1970 г., я принес домой экземпляр работы Джея Форрестера «Принципы систем». Дана прочитала ее от корки до корки и решила оставить работу в одной из самых престижных лабораторий Гарварда, которую она вела как доктор наук, чтобы присоединиться к группе исследователей, которую я формировал по заданию Римского клуба для детальной проработки глобальной модели *World2* Джея Форрестера. Дана стала центром нашей группы, именно она разрабатывала демографическую подсистему глобальной модели и была ведущим автором «Пределов роста», самой известной нашей книги.

В 1972 г. Дана и я перешли в Дартмут-колледж, и там она стала не только первой женщиной, получившей должность постоянного штатного профессора, но и вообще первой женщиной-профессором,

имеющей степень доктора и утвержденной попечительским советом. В каком-то году ее даже признали самой выдающейся женщиной — молодым ученым в США.

Вместе с другими исследователями в Дартмуте мы разрабатывали две новых академических программы, одна была предназначена для студентов старших курсов, другая — для аспирантов. В основе обеих лежали системный анализ и разработка стратегий. Дана была замечательным преподавателем — талантливым, творческим, целеустремленным, внимательным, самоотверженным. Она чувствовала, что ее важнейшая профессиональная задача — донести информацию до студентов и коллег и вдохновить их на дальнейшие исследования. Она всегда щедро делилась идеями и пробуждала стремления к лучшему практически во всех, кто ее окружал. Многие действующие специалисты в области системной динамики, сейчас уже состоявшиеся ученые, в свое время «взяли старт» благодаря совместной работе с Даной.

Хотя ее профессорская работа была очень успешной, тем не менее условности и ограничения академической жизни тяготили Дану, поэтому через некоторое время она решила оставить должность и профессорский пост. В Дартмуте раньше такого никогда не происходило, администрация колледжа оказалась в затруднительном положении. В итоге Дана приняла назначение на должность приглашенного профессора, осталась работать в прежнем кабинете и вести ежегодно по одному курсу на дартмутском факультете журналистики в области окружающей среды. Это позволило ей уделить основное внимание писательскому труду, созданию собственных книг.

Дана писала много. Сотни ее статей выходили в газетах и журналах. Было издано много работ, «Электронный оракул» в их числе. Хотя Дана и Дженнифер Робинсон начали исследование для этой книги еще в 1975 г., больше 30 лет назад, материалы «Оракула» по-прежнему остаются очень важным источником информации в области системной динамики, причем не только для преподавателей и учителей, но и для аналитиков, управленцев, консультантов и даже философов.

Я сам разрабатывал модели, преподавал и использовал системную динамику более 35 лет и до сих черпаю вдохновение и новые идеи в строках, написанных Даной, касается ли это теоретических основ или уровней практического мастерства при моделировании. Работы Даны — настоящий клад для тех, кто хочет понять принципы системной динамики, расширить собственные знания, преподать навыки другим или добиться большей эффективности в представлении результатов моделирования заказчикам.

На встречах Стратегического совета в Обществе системной динамики часто обсуждается вопрос качества моделей. По этому поводу Джей Форрестер недавно заметил: «В Обществе системной динамики

нет культуры активной критики, принятой в других сообществах». Однако Дана пришла в системную динамику из биофизики, а в этой области как нигде критично относятся к результатам, всегда подвергают их внимательной проверке. Там принято, чтобы каждая работа сначала прошла защиту, и это продвигает вперед всю отрасль знаний. Дана привнесла в нашу группу культуру активной критики; эта тема и связанные с ней предубеждения занимали важное место в ее книгах и статьях.

Во многих из них содержатся мудрые наблюдения о значении моделей, их преимуществах и недостатках. Глубже всего этот вопрос рассмотрен в книге, которую вы держите в руках ее впервые опубликовано в 1985 г. издательство *John Wiley & Sons*.

В «Оракуле» проводится подробный разбор девяти различных моделей, связанных с экономическим и социальным развитием, — моделей, получивших широкое признание. Они были разработаны с использованием тех или иных парадигм, принципиально разных систем взглядов, образующих «большую четверку»: эконометрика, межотраслевой баланс (метод «затраты-выпуск»), системная динамика и оптимизация. Дана всегда очень внимательно подходила к любому исследованию, поэтому она не только тщательно проанализировала отчеты по каждой модели, но и изучила все классические работы, которые можно отнести к каждой из четырех парадигм. Критически разобрав особенности каждой модели, Дана написала несколько глав, посвященных методологии моделирования. Даже сегодня ее работа остается самой глубокой из всех, что посвящены этой теме. Она необычайно полезна для того, чтобы оценить, каких результатов удалось достичь в области моделирования, и что гораздо важнее, чем еще только предстоит заняться.

В «Оракуле» Дана писала:

«...Социальные проблемы очень стойки, от них трудно избавиться. Они остаются и продолжают проявлять себя даже тогда, когда мы применяем самые изощренные и совершенные научные методы, системы коммуникаций, спутники, модели и базы данных, какие только разрабатывались в мире. В то же время компьютерное моделирование — область, которая дает реальный шанс развить глобальный уровень понимания и обеспечить лучшее будущее человечеству, позволить ему развязать узлы, которые иначе будут затягиваться все туже, — на самом деле продолжает упорствовать в заблуждениях и само демонстрирует извращенное поведение:

- моделирование по-прежнему концентрируется не на самых важных элементах систем, а на тех, которые легко поддаются численному учету;
- огромные силы и внимание тратятся на то, чтобы добиться незначительного улучшения в точности расчетов, хотя гораздо полезнее было бы проводить детальное тестирование модели на правдоподобность и адекватность;

[. . .]

Книга «Электронный оракул» на русском языке публикуется впервые. Она представляет собой удачный пример анализа различных подходов к моделированию сложных социально-экономических систем.

Появлению книги предшествовал длительный период сбора материала, бесед с разработчиками и пользователями моделей. Ни в одной другой книге не проводится такой глубокий анализ различных методов моделирования, их сравнение, сопоставление сильных и слабых сторон, — в этом отношении «Электронный оракул» просто уникален. В отличие от многих других авторов, мыслявших исключительно в рамках своей дисциплины, Д. Медоуз и Дж. Робинсон удалось подробно изложить суть каждого метода и объективно оценить его пригодность для практических целей.