

А. Лима-де-Фариа

ПОХВАЛА «ГЛУПОСТИ» ХРОМОСОМЫ

Исповедь
непокорной
молекулы



ЛАБОРАТОРИЯ

пилот

**ПОХВАЛА
«ГЛУПОСТИ»
ХРОМОСОМЫ**

PRAISE OF CHROMOSOME «FOLLY»

Confessions of an Untamed
Molecular Structure

Antonio Lima-de-Faria
Lund University, Sweden

А. Лима-де-Фариа

ПОХВАЛА «ГЛУПОСТИ» ХРОМОСОМЫ

Исповедь
непокорной
молекулы

Перевод с английского
канд. биол. наук А. А. Быстрицкого

под редакцией
члена-корр. РАН, профессора,
доктора биол. наук С. В. Разина



Москва
Лаборатория знаний

УДК 578+576
ББК 28.0
Л58

Лима-де-Фариа А.

Л58 Похвала «глупости» хромосомы. Исповедь непокорной молекулы / А. Лима-де-Фариа ; пер. с англ. — 3-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2016. — 312 с. : ил.

ISBN 978-5-00101-018-0

Книга, написанная известным шведским ученым, рассказывает о молекулярной организации хромосом, об их строении и свойствах, а также о проблемах эволюции. Хорошо проясняют предмет тщательно подобранные красочные иллюстрации. Книга вносит значительный вклад в общую дискуссию о строении, свойствах хромосом и об эволюции живых организмов.

Для специалистов-генетиков, эволюционистов, молекулярных биологов, биотехнологов и цитологов, а также для аспирантов, студентов и интересующихся проблемами клеточного генома.

УДК 578+576
ББК 28.0

16+

Научно-популярное издание

Лима-де-Фариа Антонио

**ПОХВАЛА «ГЛУПОСТИ» ХРОМОСОМЫ.
ИСПОВЕДЬ НЕПОКОРНОЙ МОЛЕКУЛЫ**

Ведущие редакторы канд. хим. наук *Т. И. Почкаева*
и канд. биол. наук *Т. Е. Толстихина*

Художник *Н. А. Новак*

Технический редактор *Е. В. Денюкова*

Компьютерная верстка: *К. А. Мордвинцев*

Подписано в печать 12.04.16. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 19,5. Тираж 300 экз. Заказ

Издательство «Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: info@pilotLZ.ru, http://www.pilotLZ.ru

Copyright © 2008 by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. All rights reserved. This book, or parts thereof, may not be reproduced in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or any information storage and retrieval system now known or to be invented, without written permission from the Publisher.
Russian translation arranged with World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.

© Перевод на русский язык,
Лаборатория знаний, 2016

ISBN 978-5-00101-018-0

Содержание

К читателю	5
Вступительное слово	7

Часть 1

Источник «глупости» и причина исповеди	9
1. Я — неприметное и непривлекательное создание, накрашенное губной помадой	9
2. Говорят, я похожа на сосиску	11
3. Клетка — мой замок и моя темница, но, как одалиске в гареме, мне дозволено плавать и танцевать	13
4. Мой стриптиз, или как я облачаюсь и разоблачаюсь при каждом делении клетки	15
5. Я создала свой собственный мир, полный хитростей, черных ходов и новинок — я необузданный изобретатель	19
6. Мое происхождение скромно — в моем устройстве отметины противоречивой природы материи	21
7. Источник моей «глупости» — раздвоение личности	23
8. Что побуждает меня к исповеди	28
9. Я оскорблена и обижена	30
10. Мудрость глупости	33
11. Научные концепции меняются со временем — природа науки требует замены старых идей, когда новые технологии позволяют проникнуть глубже в тайны материи	37
12. Казавшееся нелепым когда-то, оказывается верным годы спустя. Считалось, что ген состоит из белка, но сейчас известно, что это нить ДНК	40
13. За последние двадцать лет количество генов человека сократилось с 200 000 до 32 000, и это число продолжает вызывать сомнение	41
14. Модели хромосом радикально менялись со временем	42
Цитированная литература	46
Источники иллюстраций	49

Часть 2

Кого волнует гравитация	51
15. Хромосома, ее устройство и работа, идут своим путем — они не подчиняются законам гравитации, магнетизму, теории вероятностей или естественному отбору	51
16. Определение гравитации. Законы Ньютона хороши и для планет, и для яблок	52
17. Что такое сила? Четыре фундаментальные силы	54
18. Законы Ньютона неприменимы в квантовой механике	56
19. Не все предметы падают без опоры	57
20. Подъем древесного сока — другой необъясненный феномен.	57
21. Неизвестный процесс определяет, какая клетка будет расти по направлению силы тяжести, а какая — против	60
22. Физики строят антигравитационные устройства, заставляющие парить лягушек и растения	63
23. Атомы скрывают множество свойств, способных объяснить механизмы процессов в живой материи, или жидкий гелий может бить из колбы фонтаном	64
24. Левитация металлов — невозможное становится возможным	66
25. Животные, как и растения, создали приспособления, противодействующие тяготению	67
26. Между сердцем и головой жирафа — больше двух метров	69
27. Хромосомы не следуют законам Ньютона — движение хромосом «обходит» силу тяжести	72
28. Хромосомы движутся во все стороны света	73
29. Направление движения запрограммировано в организме	73
30. Устройства, благодаря которым хромосома движется	75
31. В ядре хромосомы движутся, как рыбки в аквариуме, без помощи нитей веретена	77
32. Автономия хромосом многогранна — концы хромосом могут перехватывать у веретена функцию подвижности	78
33. Хромосомы, унаследованные от отца, могут быть направлены в другой «отсек», нежели унаследованные от матери	80
34. Как нормально двигаться без путеводных звезд и центросом	80
35. Репликация ДНК пренебрегает тяготением	82
36. Кристаллизация минералов также пренебрегает тяготением и включает стадию массового копирования	83

37. Содержимое яйца вращается, а клетки эмбриона мигрируют, независимо от тяготения	85
38. Раковины улиток могут быть закручены вправо или влево — направление определяется генами, которые устанавливают ось клеточного деления независимо от тяготения	86
39. Откровение: хромосоме не нужны сильные магниты и сверхнизкие температуры, чтобы ускользнуть от действия тяготения	88
40. Богини не следуют земным законам	88
Цитированная литература	90
Источники иллюстраций	92

Часть 3

Кого волнует случайность	95
41. Сначала случайность была чужда науке	95
42. Случайность — экономическая концепция XVII столетия	96
43. Случайность — синоним незнания: «глупость вероятности»	101
44. Понадобилось 20 лет, чтобы показать, что считавшиеся случайными события, происходящие с хромосомами, на самом деле запрограммированы	102
45. Передача наследуемых признаков — от путаницы до предсказания	103
46. Мутация — главный пример случайного события	104
47. Как господствующий стиль привел к стильным результатам, или как случайные мутации оказались неслучайными	104
48. Случайные перестройки направляются мобильными элементами	107
49. Повторяющиеся элементы человеческого генома оказались не мусором, а кладезем информации	108
50. Гены со сходными функциями не обязательно расположены рядом — случайные мутации и перестройки разрушат любой возможный порядок	109
51. Оказывается, гены состоят из высокоорганизованных последовательностей «станций» ДНК, ограниченных явными сигналами начала и конца	111
52. Ген никогда не одинок	116

53. Периодическая упаковка ДНК в хромосомах оказалась предсказуемой	116
54. Надлежащее движение хромосом при клеточном делении обеспечивается коррекцией неверных присоединений к аппарату подвижности	117
55. Клетки чувствуют и останавливают бесконтрольные деления, обусловленные сигналами раковых опухолей. Более того, РНК могут выключать гены.	118
56. Предотвращение неверного спаривания и рекомбинации хромосом	119
57. Броуновское движение — ловушка для физика	122
58. Клетка считалась гороховым супом, но у большинства молекул есть адрес.	123
59. «Генетический код, определенно, не случаен»	124
60. В беспорядке — шум, в порядке и единстве — музыка	127
61. Разница между генетическим шумом и генетической музыкой	127
62. Встречаются не все возможные «ошибки»	128
Цитированная литература	129
Источники иллюстраций	131

Часть 4

Кого волнует естественный отбор	133
63. Естественный отбор — концепция политическая, а не научная.	133
64. Три мифа в науке: флогистон в химии, эфир в физике, отбор в биологии	136
65. Определения естественного отбора	138
66. Отбор — не материальная субстанция, которую можно измерить	139
67. Различие между эволюцией и дарвинизмом	140
68. Достоинства и ограничения дарвинизма	141
69. Объяснение эволюции на основе физико-химических процессов	141
70. Как хромосома избегает отбора	142
71. Хаотичная хромосома не может избежать отбора, а организованной ничего не остается, кроме как обойти его.	143

72. Для самосохранения, новаций и исследований хромосома не нуждается в отборе 144
73. Механизмы репарации обеспечивают поддержание порядка, действуя на разных молекулярных уровнях, — синтез ДНК, РНК и белка контролируется по-разному 144
74. Человек не может существовать без репарации ДНК 145
75. Целостность РНК, необходимая для нормального функционирования клетки, поддерживается особым типом репарации 147
76. РНК-надзор — дополнительный механизм, улучшающий безопасность путем контроля качества 149
77. Молекулярные шапероны — это белки, обеспечивающие преобладание правильной сборки молекул . . . 150
78. Как сбить с толку эволюциониста.
Яйцо учит курицу: предковая РНК может восстановить исходную последовательность ДНК 154
79. Новаторство через создание новых генов 155
80. Разведка новых функциональных возможностей ведется изменением генетических путей 156
81. Как плазмиды и вспомогательные хромосомы избегают отбора 157
82. Есть гены, способные «жюльничать» с естественным отбором 158
83. Хромосома может «чувствовать» и регулировать количество генов, и переключаться на гены, способствующие выживанию 159
84. Множество защитных механизмов, созданных хромосомой, «делают естественный отбор невозможным» 160
85. Агрегация и клеточная адгезия слизевика *Dictyostelium* использует те же химические решения, что и эмбрионы высших организмов 161
86. Яйцо — это кладезь информации, приготовленный материнскими хромосомами; так гарантируется идентичность строения тела потомка 162
87. Генетический код не содержит прямой информации для построения организма — создание этой «дорожной карты» в руках других молекулярных процессов, направляющих развитие 163
88. Координацией информационных РНК занимаются малые клеточные РНК, которым раньше не уделяли внимания 164

89. Экспериментально продемонстрирован механизм, ответственный за постоянство формы	165
90. Радикальные преобразования в зародыше управляются определенными белками	166
91. Клетки одной группы меняют форму, темп и направление развития своих соседей	168
92. Хромосома обеспечила организму защиту не только от внутренних ошибок, но и от внешних врагов	172
93. Смерть клетки так же запрограммирована, как и жизнь	173
94. Клетки могут совершить самоубийство, но амеба потенциально бессмертна	174
95. И у клетки, и у хромосомы безошибочная память	175
96. Невеста Людовика XV могла родить... кролика	177
97. Почему женщина не рождает мышь	181
Цитированная литература	183
Источники иллюстраций	189

Часть 5

Кого волнует магнетизм	191
98. Магнетизм и электричество — два проявления одного явления	191
99. Бактерии, пчелы и голуби ориентируются по магнитному полю	192
100. Клетки вырабатывают электричество и создают магнитное поле	196
101. Если магнит разделить на части, каждый фрагмент ведет себя как целый магнит с новыми северным и южным полюсами, а из малых магнитов можно собрать один большой	198
102. Если оплодотворенное яйцо разделить на отдельные клетки, каждая клетка ведет себя как целое яйцо, давая начало отдельному зародышу	199
103. Отдельные зародыши, слитые вместе, образуют один нормальный организм	201
104. Если хромосому разделить на части, каждый фрагмент ведет себя как целая хромосома, при необходимости создавая новые теломеры и центромеры	204

105. Хромосомы могут объединяться и распадаться, сохраняя свои генетические свойства — у оленя может быть 35 или только 3 хромосомы	205
106. У муравья может быть одна-единственная хромосома, а может и 94	209
107. Растения одного рода могут иметь и 4, и 36 хромосом	210
108. У одноклеточного может быть две хромосомы, но может и 500	211
109. Малые хромосомы обязательно присутствуют в наборе хромосом птиц и растений	211
110. Разделение хромосом на меньшие, равно как их объединение, следует вполне определенным правилам	212
111. Общие свойства магнитов и хромосом могут иметь корни в полярности, заложенной на уровне ДНК	214
Цитированная литература	217
Источники иллюстраций	219

Часть 6

Биологический порядок есть результат самосборки, а самосборка есть результат узнавания на атомарном уровне	221
112. Чем часы и прочие машины отличаются от клеток	221
113. Определение самосборки и ее основные свойства	222
114. Механизм, ответственный за самосборку, не зависит от внешней информации	224
115. Самосборка фермента происходит столь быстро, что занимает меньше времени, чем синтез его полипептидной цепи	226
116. Никто не верил в способность вирусов к самосборке.	228
117. Программа самосборки фага Т4 описана до мельчайших деталей	229
118. Самосборку рибосом можно провести в пробирке	231
119. Самосборка хромосомной фибриллы и других структур хромосомы, участвующих в ее движении	232
120. Отдельная клетка губки содержит всю информацию для образования полноценного организма	234
121. Гидра с ее сложными тканями может собраться из суспензии клеток	234

122. <i>Слизевик Dictyostelium</i> — впечатляющий пример способности клеток к самоорганизации.	236
123. Самосборка клеток при формировании ткани напоминает кристаллизацию из раствора	237
124. Самосборке присущи безошибочная сила и точность — ядерная оболочка аккуратно восстанавливается несчетное количество клеточных делений.	239
Цитированная литература	241
Источники иллюстраций	244

Часть 7

Откуда взялась хромосома и что с ней будет	245
125. «Откуда мы пришли? Кто мы? Куда мы идем?» Картины происхождения жизни и хромосомы	245
126. Происхождение клетки и хромосомы неизвестно	248
127. Возникновение хромосомы может восходить к периодичности свойств химических элементов	250
128. На уровне химической периодичности есть аномалии, но альтернатив немного	254
129. Уникальное положение атомов, составляющих клетку и хромосому, в таблице Менделеева. Нет никаких данных о том, что законы природы внезапно изменились при появлении хромосомы	255
130. Эволюционные решения перед появлением на сцене ДНК	257
131. Роль ДНК в наследовании не так велика, как мы привыкли верить	262
132. Весь человеческий геном можно упаковать в одну хромосому.	264
133. Куда движется хромосома?	265
134. В физике еще не все открыто, но она может подсказать ключ к поведению хромосомы	266
Цитированная литература	270
Источники иллюстраций	273
Словарь терминов	275
Предметный указатель	278

Начинать книгу с обращения к читателю, возможно, не совсем уместно, однако название книги настолько нетрадиционно, что требует некоторого объяснения.

Почему столь серьезная тема, как молекулярная организация хромосомы, представлена в форме сатиры? Причина проста, хотя и не очевидна.

С одной стороны, за двумя Мировыми войнами последовал длительный период холодной войны, характеризовавшийся жестокой экономической и политической конфронтацией, сузившей пространство «интеллектуального маневра».

С другой стороны, глобализация привела к значительному экономическому и технологическому росту, сделавшему возможной реализацию крупномасштабных проектов. Однако необходимым элементом этих проектов является получение практической пользы, что потребовало направить научные усилия в определенное русло.

Следующими шагами стали поглощения малых научных издательств ведущими международными издательскими концернами, а также слияния самих этих издательских гигантов, что повлекло за собой снижение разнообразия мнений. То же происходило и с научными журналами. Возможности для публикаций сократились до нескольких ведущих журналов, а статьи из низкоранговых не цитируются.

Отсутствие альтернатив для публикации результатов выдающихся ученых из США и Великобритании, понимая сложившуюся ситуацию, предложили некоторые изменения. Но их воплощение в жизнь столкнулось с проблемами. Лоуренс в 2003 году констатировал: «Журнал *Nature* сейчас получает около 9000 рукописей статей в год (что вдвое превосходит аналогичный показатель 10 лет назад) и вынужден отклонять около 95% биомедицинских ста-

тей» [2]. «Множество проблем при публикации научных статей, – добавляет ученый, – Способствует формированию антинаучной культуры».

Ситуация еще больше осложняется, когда в дело вступают правительственные интересы. В свете таких стремительных изменений журнал *New Scientist* не смог не опубликовать в 2007 году редакторскую колонку под заголовком «Грязные игры. Если наука не вписывается в ваше политическое кредо — подавляйте ее» [1]. Эта статья ссылается на «Атмосферу давления» — доклад, опубликованный в 2007 году Союзом обеспокоенных ученых (Union of Concerned Scientists) и Правительственной программой подотчетности (Government Accountability Project). Колонка заканчивалась выводом: «Все мы знаем, что результаты научных исследований используются или игнорируются правительствами в зависимости от идеологических задач». То же самое делают и исследователи, чьи работы финансируются государственными фондами.

По-видимому, сложившийся в западном обществе идеологический вакуум, который проявляется в различных культурных и научных аспектах, обусловлен несколькими факторами.

Эта книга для тех, кто осознал, что научное познание — непрерывный процесс, который в каждый конкретный момент предлагает только частичное объяснение известных явлений. Книга адресована тем пытливым умам, которые испытывают сомнения в правильности доминирующих красиво сформулированных идей и ищут альтернативные объяснения.

Дорогой читатель, если твой разум замкнут на традиционные позиции в науке, отложи эту книгу. Более того, если твоя позиция — эскапистская и ретроградная, это не та книга, которую ты искал.

Цитированная литература

1. Editorial (2007) Dirty tricks. If science doesn't suit your political viewpoint, suppress it. *New Sci* (Feb. 3rd 2007): 5.
2. Lawrence P. A. (2003) The politics of publication. Authors, reviewers and editors must act to protect the quality of research. *Nature* **422**: 259–261.

Вступительное слово*

Я постарался по возможности не использовать специальных терминов. Там же, где избежать этого не удалось, все термины объяснены. *Цитология* — это изучение структуры и функций клетки, а *генетика* занимается наследственностью. В 1960-х годах благодаря появлению новых биохимических методов исследования в сочетании с электронной микроскопией и методом введения радиоактивных меток цитология и генетика были объединены на этой новой почве, в новую дисциплину — молекулярную цитогенетику. Два десятилетиями позже это научное направление стало широко известно как молекулярная биология.

Хромосома — наиболее важная из всех клеточных органелл, основной носитель генетической информации. У организмов, клетки которых лишены ядер (такие существа называются «прокариоты»), например у бактерий, хромосома — это кольцевая молекула ДНК, свободно плавающая в цитоплазме. С некоторыми ее частями связаны молекулы белков. У организмов, имеющих клеточное ядро («эукариоты»), хромосома — нитевидная структура, состоящая из скелетных белков, основных белков (которые называются «гистоны») и ДНК. Именно ДНК несет генетическую информацию. Помимо ядра, в эукариотической клетке есть и другие органеллы — митохондрии и хлоропласты, содержащие свои собственные хромосомы в виде кольцевых молекул

* Внимательный читатель, безусловно, будет озадачен некоторыми несоответствиями и нестыковками, в том числе фактического характера. Разумеется, это не ускользнуло и от нашего внимания. В некоторых случаях эти неточности явно допущены автором сознательно, в целях упрощения чтения и понимания книги. Иногда мотивы не столь ясны. Тем не менее после длительных раздумий мы решили не вмешиваться в авторский текст и переводить его как есть. Воля автора — закон для переводчика. — *Андрей Быстрицкий, Сергей Разин.*

ДНК, которые также несут генетическую информацию. Как правило, эти хромосомы меньше, чем расположенные в ядре. В любом случае генетическая информация закодирована последовательностью оснований в цепи ДНК.

Передача генетической информации с ДНК происходит путем создания информационной РНК, последовательность оснований которой комплементарна таковой в ДНК. Этот процесс носит название «транскрипция» и в свою очередь, приводит к синтезу определенного белка («трансляции»). Процесс может быть обращен вспять, когда РНК транскрибируется в молекулу ДНК с помощью фермента обратной транскриптазы; эти события происходят при некоторых вирусных инфекциях.

Антонио Лима-де-Фариа

Источник «глупости» и причина исповеди

1. Я — неприметное и непривлекательное создание, покрашенное губной помадой

Я столь неприметна, что никому не различить меня невооруженным глазом. Моя длина обычно от 0,001 до 0,01 мм.

Столетиями никто не подозревал о самом моем существовании. Вот почему меня не разыскать на древнеегипетских настенных росписях о травах и зверях. Вот почему меня не найти в Сикстинской капелле на фресках Микеланджело о сотворении мира. И вот почему уже в новые времена меня нет ни на одной из 20 000 работ Пикассо.

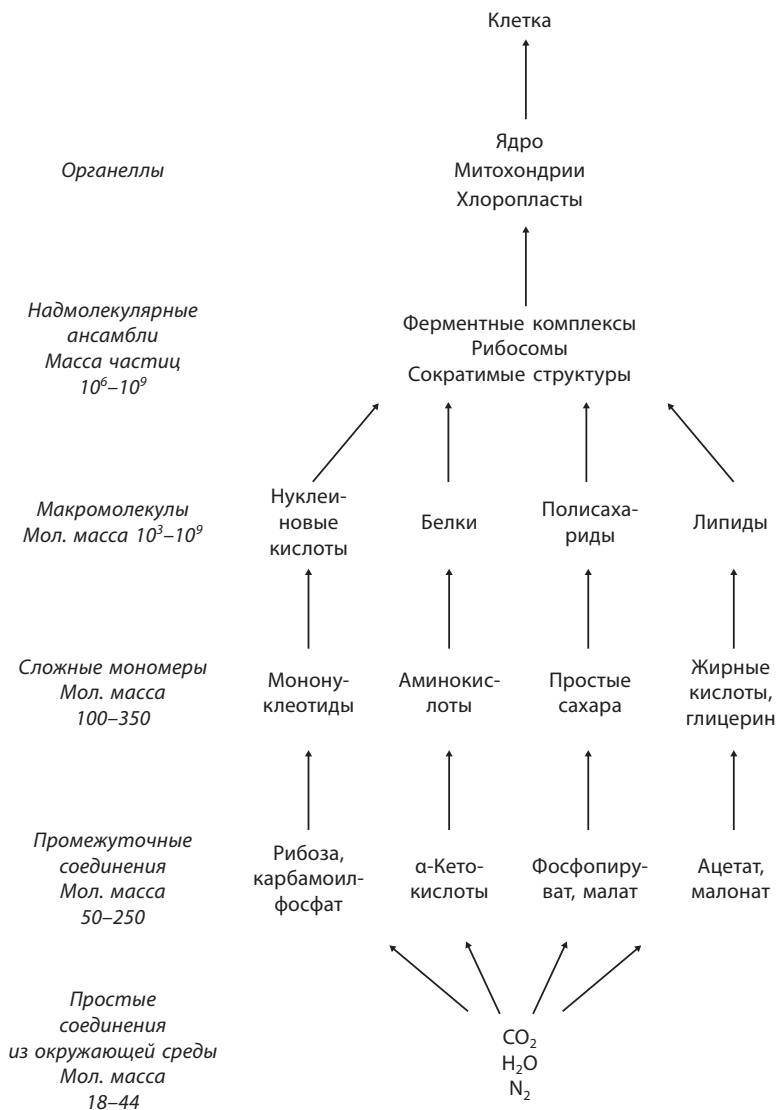
Никто не подозревал о моем существовании, пока не был изобретен микроскоп, способный увеличить вещи в 1000 раз.

Но это был нелегкий путь. Надо было разбить органы и ткани растений и животных до тех «атомов живого», которыми являются клетки. И клетки тоже надо было разбить, чтобы в самых их недрах найти меня в компании с другими неуловимыми молекулярными структурами (рис. 1.1).

Заточенная в этой темнице, повсюду окруженная толстыми мембранами и стенами, я смотрюсь бледной и прозрачной, и сложно отличить меня от окруженья моего.

Важные дамы из высшего общества окрашивали щеки и губы кармином, который добывали из букашек, обитаю-

щих на кактусах тропической Америки. А если каплю кармина капнуть на раздавленную клетку, я становлюсь розовой — и различимой.



Кармином красились уже русская императрица Екатерина Великая (1729–1796) и маркиза де Помпадур (1721–1764). И тогда же натуралисты нашли на снежных склонах Альп прекрасные синие цветы горечавки. Экстракт этих цветов придает мне выразительный пурпурный цвет. А позже я надевала роскошные красный, фиолетовый, зеленый цвета и даже, в наше время, сверкающие флуоресцентные. Я представляла столь же яркой, как оперение тропической птицы (рис. 1.2)!

Мне так к лицу эти модные одежды, что немецкий цитолог Вальдейер назвал меня «хромосома» от греческих слов «хрома» — «цвет» и «сома» — «тело» [42]. Было это в 1888 году. Это имя настолько подошло мне, что меня зовут так и по сей день.

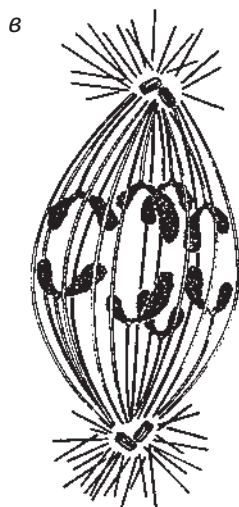
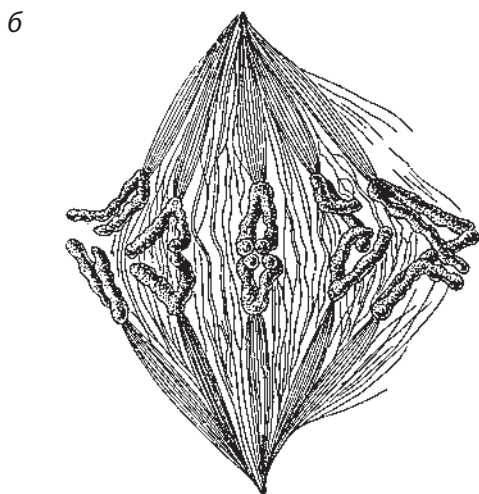
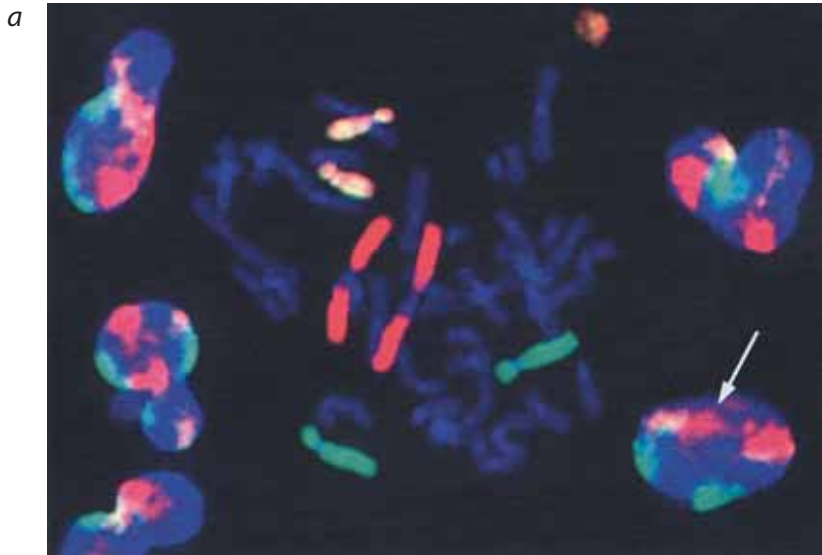
2. Говорят, я похожа на сосиску

Но еще до покраски меня пропитали спиртом, формалином и другими веществами, чтобы сохранить мое тело. По сути меня забальзамировали, как бальзамировали египетские мумии, чтобы сохранить их на тысячелетия в саркофагах. Столь решительное обхождение спутало мою внутреннюю структуру, а внешнюю поверхность сделало гладкой, как саркофаг мумии. Во время клеточного деления, когда я лучше всего видна, я была похожа на вытянутый цилиндр (рис. 1.2).

◀ Рис. 1.1. Последовательные уровни организации клетки.

Предшественниками крупных молекул являются простые соединения в окружающей среде. Затем из сложных мономеров образуются макромолекулы — нуклеиновые кислоты, белки, полисахариды и липиды, из которых в свою очередь формируются надмолекулярные ансамбли, такие как рибосомы, где идет биосинтез белка. Следующий шаг — органеллы, и, наконец, сама клетка. Хромосомы есть в ядре, митохондриях и хлоропластах. Митохондриальные и хлоропластные хромосомы — маленькие рудиментарные структуры; основная генетическая информация организма содержится в хромосомах ядра

Я похожа, если позволено будет прибегнуть к гастрономическим терминам, на сосиску или даже на связку сосисок с перетяжкой посередине, там, где расположена моя центромера — место, важное для моего движения. Эта перетяжка делит мое тело на то, что цитологи называют



«плечами» — хотя у меня нет ни плеч, ни рук, ни ног. И более того, если у сосиски есть кожица, то у меня, на удивление, нет даже внешней мембраны. Много лет цитологи были уверены, что у меня со столь четко очерченным телом должна быть плотная оболочка. Этим я отличаюсь от прочих клеточных органелл. Мои границы — продукт моего внутреннего молекулярного устройства.

3. Клетка — мой замок и моя темница, но, как одалиске в гареме, мне дозволено плавать и танцевать

Клетка — мой замок, но и, несомненно, моя тюрьма: мне никогда не выбраться, и никогда я не знала другого обиталища. Я приговорена к этому вечному заточению. Но не так все мрачно: в этих стенах я развлекаюсь множеством забав.

◀ **Рис. 1.2.** Окрашенные хромосомы и перемещения хромосом при делении клетки.

а — в центральной части расположена так называемая метафазная пластинка — все 46 хромосом человеческой клетки (по 23 от матери и от отца) в состоянии наибольшей компактности разместившиеся в экваториальной части клетки перед тем, как разойтись по дочерним клеткам. Применена окраска, при которой большинство хромосом слабо окрашено в синий цвет, а некоторые пары хромосом окрашены ярко: хромосомы 12 — в желтый цвет, хромосомы 1 — в красный и хромосомы 4 — в зеленый. Слева видны три, а справа — два ядра дочерних клеток на разных стадиях формирования и расхождения. В ядрах хорошо различаются области, занимаемые разными хромосомами. Фотография любезно предоставлена Н. Scherthan, Мюнхен, ФРГ.

б — хромосомы делящейся клетки пыльца лилии. Своей средней частью, где расположена центромера, хромосомы присоединяются к нитям веретена деления, которые тянут дочерние хромосомы к противоположным полюсам клетки. Как и у других растений, у лилии нет астеров веретена и центриолей.

в — деление животной клетки. По сравнению с растениями появились два новых компонента веретена: звезды (нити, расходящиеся от полюсов веретена во все стороны, а не только к хромосомам) и центриоли (парные органеллы на полюсах, от которых расходятся и нити веретена, и звезды)



Рис. 1.3. Хромосомы так же заточены в клетке, как рыбы в аквариуме.

Хромосомы процветают в своем мирке, но гибнут за его пределами. «Красные рыбки» французского художника Анри Матисса (1869–1954), работа 1911 г.

Посреди клетки — большой бассейн наподобие шара. Его называют «ядро». Основное время я там, плаваю из стороны в сторону, как рыбка в аквариуме (рис. 1.3). Я блистала в фильмах, элегантно кружа, как одалиска в восточном гареме, в том, что называют «ядерный сок».

Но все течет, все меняется. Однажды стены этого уютного аквариума падут, и я окажусь в неприветливой цитоплазме. Она гораздо более вязкая, чем моя предыдущая обитель.

[. . .]

Эта книга для пытливых умов, подвергающих сомнению нерушимость господствующих идей и ищущих новых объяснений.

При изучении хромосомы на молекулярном уровне оказывается, что она, как необузданный изобретатель, создала свой собственный мир, полный хитростей, черных ходов и инноваций. Своим поведением хромосома десятилетиями путала генетиков. Пластична ли она, метаясь в бесконечных мутациях и перестройках, или статична, сохраняя основы своей структуры и функций с самой зари клеточной жизни? Молекулярные биологи, озадаченные поведением хромосомы, называли ее мусором и даже паразитом. Более того, хромосома считалась пассивной клеточной органеллой, подверженной случайным мутациям и отданной на милость отбора.

Опираясь на достижения молекулярной биологии, автор увлекательно рассказывает о конфликте двух крайностей, лежащих в основе «глупости» хромосомы, и представляет оригинальный взгляд на эту органеллу и неожиданные следствия из него, касающиеся физики, генетики и теории эволюции.