Айзек Азимов

ЗАГАДКИ МИРОЗДАНИЯ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА



Известные
и неизвестные факты



ЦЕНТРПОЛИГРАФ

Загадки мироздания

Айзек Азимов

Аннотация
Айзек Азимов. Загадки мироздания
ВВЕДЕНИЕ
Часть первая. О БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ ИЗВЕСТНОМ
  Раздел I. О ЖИВОМ
    Глава 1. ПРИРОДА МЫШЛЕНИЯ
    Глава 2. ПОМНЮ, ПОМНЮ...
    Глава 3. ЧЕЛОВЕК ГОЛОДНЫЙ
    Глава 4. КРОВЬ ПОДСКАЖЕТ
    Глава 5. ВАШЕ ХИМИЧЕСКОЕ «Я»
    Глава 6. МОЛЕКУЛЫ: ВЫЖИВАЕТ САМЫЙ ПРИСПОСОБЛЕННЫЙ
    Глава 7. ФЕРМЕНТЫ И ОБРАЗЫ
    Глава 8. ЩЕПОТКА ЖИЗНИ
    Глава 9. СОЗДАТЬ ЧЕЛОВЕКА
  Раздел II. О НЕЖИВОМ
    Глава 10. ГОРЯЩЕЕ ВЕЩЕСТВО
    Глава 11. ДА БУДЕТ НОВЫЙ СВЕТ!
    Глава 12. ОКЕАН-ШАХТА
    Глава 13. ЭВОЛЮЦИЯ АТМОСФЕРЫ
    Глава 14. АТМОСФЕРА ЛУНЫ
    Глава 15. ЧЕЛОВЕК И СОЛНЦЕ

Глава 16. ИМЕНА ЗВЕЗД
Глава 17. ЛИНЕЙКА ДЛЯ КОСМОСА
Глава 18. ПУТЕШЕСТВИЕ ВО ВРЕМЕНИ: ТОЛЬКО В ОДИН КОНЕЦ
Глава 19. РОЖДЕНИЕ И СМЕРТЬ ВСЕЛЕННОЙ
Часть вторая. О БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ НЕИЗВЕСТНОМ
Раздел I. О ДРУГОЙ ЖИЗНИ
Глава 20. НАУКА В ПОИСКАХ ПРЕДМЕТА ИЗУЧЕНИЯ
Глава 21. МЫ, УМЕРЕННЫЕ
Глава 22. ЕСТЬ ЗДЕСЬ КТО-НИБУДЬ?
Глава 23. АНАТОМИЯ МАРСИАНИНА
Глава 24. О ЛЕТАЮЩИХ ТАРЕЛКАХ
Раздел II. О БУДУЩЕЙ ЖИЗНИ
Глава 25. МИР В 1990 ГОДУ
Глава 26. ВСЕМИРНАЯ ЯРМАРКА 2014 ГОДА
Глава 27. ОГРАНИЧЕНИЕ РОЖДАЕМОСТИ
Глава 28. ПЛАТА ЗА ЖИЗНЬ
Глава 29. БУДУЩЕЕ И ЛУНА
Глава 30. БУДУЩЕЕ И СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА
Глава 31. БУДУЩЕЕ И ВСЕЛЕННАЯ
Часть третья. О НАУЧНОЙ ФАНТАСТИКЕ
Глава 32. БЕГСТВО В РЕАЛЬНОСТЬ
Глава 33. КУЛЬТ НЕВЕЖЕСТВА
Глава 34. МЕЧ ДЛЯ АХИЛЛЕСА

Глава 35. КАК НЕ НАДО ДЕЛАТЬ РОБОТА
Глава 36. КОВАРНЫЙ ДЯДЮШКА МАРТИН
Глава 37. ЛУННЫЙ ЛАНДШАФТ, ПРЕКРАСНЫЙ И УТРАЧЕННЫЙ

Аннотация

Знаменитый писатель-фантаст, ученый с мировым именем, великий популяризатор науки, автор множества научно-популярных, фантастических, детективных, исторических и юмористических изданий приглашает вас в мир загадок прошлого, настоящего и будущего.

В этой книге Азимов рассказывает об удивительных явлениях и фактах — известных и малоизвестных, открытиях, ошибках и гениальных догадках ученых. Просто он рассказывает о сложном — белках и ДНК, гормонах и ферментах, лазерах и космических кораблях, теории относительности и истоках Вселенной. Каким должен быть марсианин? Что изменится в повседневной жизни американца 1990 года? Какие проблемы будут угрожать нашей планете и цивилизации в ближайшие века? Возможно ли вернуться назад во времени? Как будет выглядеть всемирная выставка 2014 года? Сможет ли человечество дотянуться до звезд?…

Он не верит в инопланетян в летающих

тарелках, но предполагает, какими будут колонии на Луне, когда станут осваивать Марс и какова во всем этом роль научной фантастики.

Айзек Азимов
Загадки мироздания

ВВЕДЕНИЕ

Меня знают как писателя-фантаста. Еще меня знают как преподавателя в медицинской школе Бостонского университета. Естественно, меня часто спрашивают, как относятся мои коллеги к тому, что я пишу научную фантастику.

Те, кто задает подобные вопросы, скорее всего, ожидают услышать, что я встречаю, как правило, неодобрительное отношение, что путь мой усеян терниями, по которым мне приходится идти босиком, что в профессиональной деятельности я постоянно подвергаюсь насмешкам.

К собственному огорчению, мне приходится разрушать столь красочный образ. Моя профессиональная жизнь ничем подобным не отягощена. Некоторые из моих коллег вообще не знают, что я пишу фантастику, да и знали бы — никак бы не отреагировали; другие — знают, но считают это ученым чудачеством; третьи — даже любят фантастику и часто читают мои книжки, надеюсь, с удовольствием. А есть среди них и такие, кто — о боже! — и сами пописывают фантастику.

Не могу сказать, чтобы я сам никогда не сомне-

вался в том, что академическая карьера вполне совместима с репутацией дерзкого писателя-фантаста.

Особенно опасным казалось мне подобное совмещение в июне 1949 года, когда произошло два события. Во-первых, я собрался вступать в ряды преподавателей медицинской школы, а во-вторых, только что продал издательству Doubleday amp; Со свой первый фантастический роман и у меня должна была выйти первая «настоящая книжка».

К тому времени я уже одиннадцать лет продавал научно-фантастическим журналам свои рассказы, но это всегда было не особенно афишируемой деятельностью, известной только мне самому да горстке поклонников. Книга же — совсем другое дело; таиться дальше было невозможно.

К счастью, все эти проблемы так и остались надуманными. Я с детства знал, что мне суждено быть писателем и что, если придется выбирать между писательством и чем угодно другим, выбор будет сделан в пользу писательства. Знать заранее, что ты собираешься делать, всегда крайне полезно; именно на счет этой уверенности я отношу тот факт, что за всю свою жизнь, состоящую

сплошь из дедлайнов, я так и не заработал язвы желудка.

Так что колебаться я не собирался. Раз выбирать все равно придется — лучше уж сделать это прямо сейчас. И я договорился о встрече с деканом.

Я вежливо, но твердо сказал ему:

— Как вы знаете, сэр, я новый преподаватель биохимии. Однако я считаю своим долгом сообщить вам, что через несколько месяцев отдельной книгой должен выйти первый фантастический роман моего авторства, и понятно, что нашу медицинскую школу будут ассоциировать с этой книгой.

— Книга-то хорошая? — только и спросил декан.

— Ну, в Doubleday amp; Co, по крайней мере, так считают, — осторожно ответил я.

— Тогда я буду только рад, если нас будут с ней ассоциировать, — подвел черту мой собеседник.

Так оно и вышло. За все годы, что прошли с тех пор, никто из моих коллег ни разу не выразил неудовольствия моей фантастикой ни в лицо, ни за глаза (по крайней мере, насколько я об этом знаю).

Следующий кризис назрел, когда я стал писать

книги нехудожественного характера. В 1952 году я впервые выступил в качестве соавтора учебника по биохимии для студентов-медиков, а с тех пор написал множество нехудожественных книг в самых различных областях.

Сначала я колебался, не лучше ли будет подписывать эти книги псевдонимом. Мне так и казалось, что какой-то «внутренний редактор» нашептывает мне в уши: «Соглашайся, Азимов! Ты же понимаешь, что мы не можем рисковать коммерческим успехом книги, вдруг потенциальные ее покупатели начнут говорить, что ничего хорошего в ней быть не может, раз ее написал какой-то фантаст».

Я приготовился к эпической битве, поскольку был решительно настроен все подписывать собственным именем. (Во-первых, оно мне нравится, во-вторых, я эгоцентричен, а в-третьих, я горжусь как научной фантастикой, так и своим местом в ней и не готов им поступиться.)

Однако этой эпической битвы не состоялось. Ни один редактор ни разу не выдвинул возражений против того научно-фантастического ореола, который безустанно осеняет мою и без того светлую личность. Я даже стал замечать, что часто в краткую биографическую справку

об авторе, помещаемую на последнюю страницу обложки моих самых серьезных научных книг, стали включать пункт о моих фантастических рассказах, как свидетельство того, что я умею хорошо писать.

Так я добрался до последнего бастиона, который мог бы оказаться для меня стеной непризнания, — до средств массовой информации. В конце концов, хорошая научная фантастика всегда адресована меньшинству, и от этого никуда не деться. А те ее искры, которые приходится адресовывать широкой и разнообразной аудитории, наверняка могут сослужить ей не лучшую службу.

Однако этот тщательно обдуманный вывод разлетелся вдребезги, когда в 1957 году началась космическая эра. Самые массовые и рассчитанные на самого что ни на есть обывателя газеты и журналы вдруг резко заинтересовались весьма странными вещами. Они неожиданно запестрели статьями, посвященными известиям с передовых краев науки, и даже стали проявлять интерес к научной фантастике. (В прошлом году Saturday Evening Post опубликовала мой фантастический роман — я о таком раньше и мечтать не смел.)

И я опять с удивлением обнаружил, что мои занятия фантастикой совершенно не являются

помехой, а совсем даже наоборот, помогают. Мне стали заказывать статьи, о чем еще несколько лет назад я и помышлять не смел. Делая вид, что так и должно быть, я принялся писать эти статьи и вскоре понял, что на преподавательскую работу времени у меня уже больше нет (хотя должность на кафедре пока остается за мной). Я превратился в профессионального писателя.

Как не похоже мое теперешнее положение на то, в каком я находился в 1949 году! Тогда я был убежден, что работаю в полном одиночестве и что если бы я бросил в окружающее пространство вопрос «Есть здесь кто-нибудь?», то в ответ услышал бы лишь раскаты эха: «Никого, Азимов! Разве что мы — фанатики научной фантастики».

Но теперь, оглядывая достаточно большой набор различных печатных трудов, принадлежащих моему перу (а ведь в основе всех их лежит моя репутация как писателя-фантаста), я понимаю, что, если задам этот же вопрос сейчас, ответ будет шумным и многоголосным.

И вот, завершая круг, я снова в Doubleday amp; Co, где когда-то был опубликован мой первый роман. Присутствующие здесь джентльмены горят желанием опубликовать собрание моих статей из различных журналов, исправленных и допол-

ненных там, где это необходимо. Одни из этих статей — научные, другие — «размышления на тему», третьи — научно-фантастические; таковы три кита, на которых покоится мой мир.

Часть первая
О БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ ИЗВЕСТНОМ

Раздел I
О ЖИВОМ
Глава 1
ПРИРОДА МЫШЛЕНИЯ

С самой древности мы имеем свидетельства того, что человек всегда был убежден в превосходстве мысли над материей, в том, что законы, ограничивающие мир материальный, над идеями и представлениями не властны.

Сейчас уже общеизвестен тот факт, что физически живые организмы состоят из атомов и молекул, которыми правят те же законы, что и камнями под ногами или звездами над головой. Это верно как для венца творения — человека, так и для последнего червя. Но что мы можем сказать о человеческом мышлении? Можно ли подвергнуть анализу творческий гений, приводящий к рождению шедевра? Можно ли взвесить, сосчитать или иным способом измерить эмоции и воображение, любовь и ненависть, страсть, мысли и представления о добре и зле?

Всегда очень хочется поставить мысль превыше материи и считать, что на первую распространя-

ются иные законы, более тонкие, чем на вторую. Тогда естественно сделать вывод, что никакой доктор не сможет прописать такое лекарство, которое могло бы повлиять на сознание. Шекспир вкладывает в уста Макбета циничный вопрос к доктору, который пытается лечить его жену от ночных кошмаров:

Ты можешь исцелить болящий разум,
Из памяти с корнями вырвать скорбь,
Стереть в мозгу начертанную смуту
И сладостным каким-нибудь дурманом
Очистить грудь от пагубного груза,
Давящего на сердце?

Врач не находится что ответить на это, кроме как

Здесь больной
Лишь сам себе находит врачеванье[1].

Три века спустя после Шекспира врачи все же взялись за «исцеление болящего разума» без каких-либо зелий, патентованных средств или материальных устройств. Законы материального

---

[1] notes: ~ _ftn1 ~
[1] [broken link: #_ftnref1] Цит. по пер. М. Лозинского.

мира были сочтены недействительными в деле управления мышлением — было решено, что инструментом может служить лишь сам мозг. Врачи принялись разговаривать с больными и, что еще важнее, слушать, что говорит сам больной. На смену стетоскопу терапевта и лабораторной пробирке биохимика пришла кушетка психоаналитика.

Сложилось общее мнение о том, что ученым, занимающимся физическими науками, совершенно нечего делать рядом с лежащим на психоаналитической кушетке душевно расстроенным человеком. Для того чтобы подвергнуть сложнейшее явление человеческого мышления изучению с помощью холодных, материальных инструментов науки, требовался особый героизм. Казалось, что любой Георгий Победоносец, который с линейкой и микроскопом в руках отважится бросить вызов огнедышащему змею биохимии мозга, заранее обречен на поражение.

Тем не менее мозг, как и весь прочий организм, тоже состоит из атомов и молекул. Молекулы, содержащиеся в клетках организма, а особенно — мозга столь разнообразны и изменчивы, что уловить все тонкости их крайне быстрого взаимодействия между собой мы пока не в состо-

янии. Однако сам факт наличия этой сложной мешанины обнадеживает, — по крайней мере, биохимия мозга кажется достаточно сложной, чтобы действительно управлять всем практически бесконечным разнообразием того, что мы называем мыслью.

Сейчас человек приступил к решению этой сложной задачи с помощью новых технологий, и каждый день приносит нам сногсшибательные новости в области биохимии и физиологии мозга. Данные излучаемых мозгом волн анализируются с помощью компьютеров с невиданной доселе полнотой. Более глубокое понимание природы нуклеиновых кислот в свете рассмотрения механизмов наследственности позволило обрести потрясающие знания о работе памяти (подробнее я еще вернусь к этому моменту в главе 2).

Эти новые знания позволяют разрабатывать и выпускать новые химические препараты, оказывающие подчас огромное влияние на работу мозга, что, в свою очередь, еще больше помогает прояснить механизмы этой работы. Последняя из подобных химических технологий вызвала огромный резонанс — ведь с ее помощью была получена, в частности, ЛСД, совершенно новый вид наркотика.

Все эти достижения, позволяющие влиять на тонкие и сложные функции мозга — память, восприятие, рассудок, — появились не на пустом месте. Им предшествовала работа на протяжении почти что целого века над менее сложными аспектами мозговой деятельности. Нервная система, конечно, представляет собой крайне сложное единое целое практически на всех уровнях, но все же в некоторых отношениях удается вычленить некое постепенное возрастание сложности снизу вверх. И именно это ее свойство помогало ученым постепенно продвигаться в своем познании, пока наконец-то сейчас они не оказались в состоянии работать с механизмами нервной системы, действуя на все уровни взаимосвязанным образом.

Ниже головного мозга находится спинной — это узкая масса нервной ткани примерно полметра длиной, проходящая внутри позвоночника. Именно спинной мозг является центром переключения многих наших базовых рефлексов. Дотроньтесь до горячего предмета, и обжигающее ощущение дойдет сначала до позвоночника, а затем преобразуется в нем в исходящий нервный импульс, ответственный за быстрое отдергивание пальца. Палец отдернется гораздо быстрее,

чем вы успеете сообразить, что горячо.

Конечно, ни в коем случае не стоит думать, что все рефлексы работают только за счет одного лишь спинного мозга. Спинной мозг имеет множество нервных связей с самыми различными отделами головного мозга, образуя с ним единое неразрывное целое. Однако именно описанное рефлекторное действие ученые смогли осознать раньше других, и я намеренно упрощаю в данном случае картину, чтобы приблизиться ко всей ее полноте в исторической перспективе.

Верхний конец спинного мозга расширяется до medulla oblongata — продолговатого мозга, который входит в группу стволовых структур мозга, или, короче говоря, в ствол мозга. На стволе мозга сверху восседает и сам головной мозг, похожий на большой сморщенный плод. Стволовые структуры обрабатывают вещи чуть посложнее простых рефлексов. В частности, это важный центр контроля нашего равновесия в стоячем положении.

Дело в том, что когда мы стоим, то мышцы наших ног и спины активно работают, чтобы не дать нам упасть, несмотря на воздействие силы тяжести. Чтобы эта работа была не только активной, но и эффективной, требуется посто-

янно четко рассчитываемое взаимодействие всех мышц. Нельзя, чтобы одна группа мышц напрягалась больше другой — в таком случае группа мышц-антагонистов должна немедленно компенсировать возникший дисбаланс. Как правило, мы не осознаем всей этой работы, но если простоять достаточно долго, нарастает вполне ощутимая усталость, а если человек потеряет сознание стоя, то мышцы его расслабятся и он мгновенно рухнет на землю.

Если бы управление мышцами для поддержания тела в равновесии приходилось продумывать сознательно, то больше времени нам бы ни для чего не осталось. Однако стволовые структуры мозга выполняют всю эту работу сами, не доводя ее до нашего сознания. Человек продолжает стоять и не падает, даже будучи всецело поглощенным своими мыслями, главное — чтобы он в этот момент не спал или не находился без сознания.

Выше ствола мозга находятся два крупных тела со сморщенной поверхностью, оба разделенные примерно пополам. Большее из них называется собственно мозгом, а меньшее — мозжечком.

Мозжечок находится на ступеньку ниже мозга. Он производит более сложную работу, чем под-

держание равновесия в неподвижном состоянии, — он рассчитывает взаимодействие мышц для поддержания равновесия в движении. Ведь как мы ходим? Мы поднимаем одну ногу, временно теряя равновесие, падаем вперед и тут же подставляем на место падения ногу, причем точно таким образом, чтобы она касалась земли ровно тогда, когда тело вновь обретает в таком случае равновесие. Если же мы, скажем, протянем руку, чтобы взять карандаш, то рука наша сначала будет двигаться быстро, перед самым карандашом — замедлится, а в момент касания карандаша — вообще остановится.

Работа таких сложных механизмов невозможна без обратной связи. Мы должны либо видеть, либо каким-то иным способом получать информацию о движениях той или иной части нашего тела, оценивать расстояние до цели, скорость и направление движения — и все это делать, непрерывно исходя из положения в каждый конкретный момент времени. За все это отвечает мозжечок. Он выполняет свою работу тоже автоматически, и если нам надо взять карандаш — мы просто берем его, не имея никакого представления о всей сложности только что выполненной задачи. А вот больные церебральным параличом

такой обратной связи не получают, поэтому они не способны выполнить простейшее физическое задание, не промахнувшись несколько раз.

На основе получаемой от органов ощущений входящей информации в мозгу должны происходить химические изменения, которые, в свою очередь, порождают нервные импульсы, приводящие к соответствующим ответным реакциям мышц. Подробности этих химических изменений нам пока неизвестны.

Перейдя к мозгу, мы увидим, что теперь химия приобретает для нас еще большее значение. Например, в нижней части мозга находится участок, именуемый гипоталамусом, служащий, помимо прочего, термостатом организма. Постоянная температура поддерживается в организме путем постоянной легкой вибрации мышц со скоростью от семи до тринадцати раз в секунду — этот факт был открыт в 1962 году. Гипоталамус ощущает температуру проходящей сквозь него крови. Если эта температура слишком высока, то скорость вибрации снижается. Это один из способов регулирования температуры тела в условиях резких изменений температуры окружающей среды.

Кроме того, гипоталамус определяет концентрацию воды в крови и с помощью близлежащей

железы, гипофиза, соответствующим образом корректирует работу почек. Если кровь слишком разжижена, из нее устраняется больше воды, если слишком густа, то процесс устранения из нее воды замедляется. Гипоталамус постоянно отслеживает содержание в крови не только воды, но и сахара. Если оно слишком сильно падает, то гипоталамус запускает ощущение голода (см. главу 3).

Здесь мы имеем дело с более четким примером прямого химического регулирования. На небольшие (и потому еще безвредные) изменения химического состава крови организм реагирует соответствующими изменениями биохимии, целью которых является предотвращение дальнейших, уже опасных изменений в этом направлении. Таким образом, биохимическое состояние организма постоянно поддерживается в четком равновесии.

Однако сам механизм этот безумно сложен. Все процессы, происходящие в организме, сложным и тонким образом взаимосвязаны, а гипоталамус способен каким-то образом приводить к желаемым изменениям в одной части системы и при этом не навредить другим ее частям. А ведь этого добиться крайне трудно — почти все лекар-

ства, изобретенные человеком, при малейшей неосторожности в применении могут вызывать неприятные побочные эффекты. Гипоталамус же должен действовать совершенно безошибочно, поскольку побочных эффектов его деятельность не вызывает абсолютно никаких.

И вот мы добрались до верхней части головного мозга — именно она отвечает за сознательные действия и ощущения, за мысли и рассуждения, память и воображение. Да, если уж химия таких сравнительно простых механизмов, как рефлексы и поддержание баланса жидкости, ставит нас в тупик, то в таком случае в отношении биохимических механизмов памяти, к примеру, мы должны, по идее, чувствовать себя полностью беспомощными.

Это не совсем так (как мы увидим в следующей главе). В отношении постижения механизмов памяти имеется некоторый прогресс (по крайней мере, так кажется), и на горизонте в этом направлении маячат великие перспективы.

И все вышесказанное распространяется не только на здравый ум. То, что мы называем душевными расстройствами, может оказаться просто сбоем в биохимических механизмах внутримозговых процессов. Если душевные болезни

— это вполне материальные расстройства, тогда именно изучение биохимии мозга позволит нам найти те средства, которые столь долго не давались в руки психиатрам.

Возьмем, к примеру, шизофрению — самое распространенное из серьезных психических заболеваний. Само слово это ввел в обиход швейцарский психиатр Пауль Эуген Блейлер, и происходит оно от греческого «расщепленное сознание», поскольку часто отмечалось, что в сознании людей, страдающих этим заболеванием, доминирует одна идея (именуемая «комплексом»), затмевая собой по важности все остальные, как будто что-то вмешалось в гармоничную работу сознания, исковеркав и расщепив его таким образом, что одна часть такого «расщепленного» сознания захватила управление всеми остальными. Ранее шизофрению называли dementia praecox («раннее слабоумие», в противопоставление слабоумию старческому — результату ухудшения работы мозга в процессе старения). Шизофрения ведь проявляется довольно рано, как правило в возрасте от 18 до 28 лет.

В зависимости от доминирования того или иного комплекса, шизофрения может существовать в нескольких разновидностях. Это может

быть гебефрения (от греческого «детское сознание), при которой преобладающим симптомом является детское или глупое поведение больного; это может быть кататония (от греческого слова, означающего «натянутый, напряженный»), при которой поведение больного действительно выглядит напряженным и больной стремится минимизировать свое взаимодействие с окружающим миром, становясь молчаливым и замкнутым; это может быть паранойя (греч. «безумие»), при которой человек становится чрезвычайно недружелюбным и подозрительным, все время считая, что его преследуют.

Не меньше половины всех пациентов психиатрических лечебниц являются шизофрениками, принадлежащими либо к одному из этих трех типов, либо к какому-то еще, и, по приблизительным подсчетам, шизофренией страдают около одного процента от общего числа людей на Земле. То есть получается, что сейчас в мире живет не менее 30 миллионов шизофреников — население целой страны, такой, как, например, Испания.

Так можно ли исцелить страдающих от этой самой распространенной болезни «сладостным каким-нибудь дурманом»?

Есть прецеденты, дающие основания для на-

дежды. Некоторые психические заболевания уже научились лечить — предположение о том, что мозг в принципе подлежит лечению терапевтическими средствами (хотя бы в некоторых случаях), подтвердилось.

Например, таким образом удалось справиться с пеллагрой, заболеванием, распространенным в Средиземноморском регионе и на юге США. Главными симптомами этой болезни являются понос, дерматит и слабоумие. Как выяснилось, причиной болезни служит нехватка одного конкретного витамина — никотиновой кислоты. Стоит лишь добавить никотиновую кислоту в диету больных, и все симптомы болезни как рукой снимает — не только понос прекращается, не только красная, воспаленная и шелушащаяся кожа возвращается в нормальное состояние, но и психическое расстройство тоже сходит на нет. С помощью одного и того же химического вещества удалось исцелить и тело и разум. Материя, по крайней мере в одном конкретном случае, оказалась превыше разума.

Но причиной пеллагры служит нехватка вещества, поступающего извне. А что мы можем сказать о расстройствах, вызываемых нарушениями внутреннего функционирования самого

организма? За все химические реакции в нем отвечают сложные химические вещества, именуемые ферментами — каждой реакцией управляет свой фермент. Что же происходит, если человек рождается неспособным производить какой-то определенный фермент?

Именно такая ситуация приводит, например, к развитию болезни, именуемой «фенилпировиноградная олигофрения», симптомом которой является тяжелая степень умственной отсталости. Это врожденное заболевание — по счастью, не слишком распространенное. Оно развивается у детей, чей организм с рождения оказывается неспособным производить фермент, управляющий превращением одного вещества (фенилаланина) в другой (тирозин). Не имея возможности вступать в положенные ему химические реакции, фенилаланин вступает в другие, в результате чего образуются неестественные для организма вещества. Эти неестественные вещества накапливаются в организме и начинают мешать обменным процессам внутри мозга.

Увы, в этом случае положение нельзя исправить столь же просто, как в случае с пеллагрой. Недостающий витамин организму предоставить легко, недостающий фермент — пока невозмож-

но. Единственное, чего пока удалось добиться, — это некоторого улучшения психического состояния больных, сидящих на бедной фенилаланином диете.

Можно предположить, что шизофрения тоже является результатом нехватки некоего химического вещества, но что это за вещество, получает ли его организм извне или вырабатывает самостоятельно? Доктор А. Хоффер из больницы Саскатунского университета в Канаде уже несколько лет занимается лечением шизофрении большими дозами никотиновой кислоты и сумел добиться в этом деле значительного успеха. Очевидно, некоторые разновидности шизофрении, как и пеллагра, являются следствием витаминной недостаточности.

Для лечения шизофрении требуется больше никотиновой кислоты, чем для лечения пеллагры, и Хоффер предлагает этому факту следующее объяснение: в организме никотиновая кислота переходит в состав более сложного вещества, именуемого обычно сокращением НАД (вместо полного названия никотинамидадениндинуклеотид). Именно это вещество и участвует в дальнейшем метаболизме. Здоровый организм легко и быстро формирует НАД из никотиновой

кислоты, если получает ее с пищей. Именно поэтому стоит только добавить в диету, до того бедную никотиновой кислотой, небольшое количество этого вещества — и симптомы пеллагры исчезают. Причиной шизофрении же может являться некий сбой в химических процессах внутри самого организма, следствием которого может оказаться, в частности, затрудненность формирования НАД. Соответственно, для того, чтобы поврежденный химический аппарат организма производил хоть немного необходимого НАД, следует поставлять с пищей избыточное количество никотиновой кислоты.

Согласно данным, обнародованным Хоффером, в первой половине 1966 года он попробовал лечить больных с помощью уже синтезированного заранее НАД, и результаты этого эксперимента оказались достаточно обнадеживающими — с помощью небольших доз удавалось быстрее добиться улучшений. Впрочем, как всегда и случается в экспериментальных ситуациях «на грани познанного», из других лабораторий одновременно с этим поступают данные о неэффективности применения НАД.

Что бы ни представлял собой этот сбой в химических процессах организма — неспособность ли

производить НАД из никотиновой кислоты или что-то еще, — очевидно одно, а именно что он является наследственно передаваемой характеристикой. Предрасположенность к шизофрении передается по наследству — это факт. В среднем шансы развития шизофрении у среднего человека — один к ста. Однако у братьев и сестер шизофреников эти шансы возрастают до одного к семи, а у людей, имеющих брата или сестру близнеца, страдающих шизофренией, вероятность получить это заболевание — три к четырем.

Люди, как правило, не рождаются шизофрениками — это не врожденное заболевание в том смысле, в котором таковым является та же фенилпировиноградная олигофрения. Скорее следует представить этот дефект таким образом: некое звено биохимического механизма у шизофреника не является отсутствующим или разорванным, а скорее обладает повышенной хрупкостью и очень быстро изнашивается с ходом жизни. Именно эта хрупкость и наследуется.

В чем же участвует этот НАД (если, конечно, именно НАД всему причиной)? Каким образом он поддерживает организм в норме? Что именно в организме идет наперекосяк в отсутствие НАД?

Подозрение пало на ту часть схемы обмена

веществ, которая начинается с вещества под названием адреналин. В очень малых количествах адреналин стимулирует определенные нервы, которые управляют сердцебиением, сосудистым давлением, дыханием и т. д. Выделение адреналина в стрессовых ситуациях является одной из функций надпочечников — небольших желез, находящихся, как явствует из названия, над почками. Когда мы злимся или пугаемся, сразу же запускается производство адреналина и у нас повышается давление, сердце начинает биться чаще и легкие тоже принимаются работать в более быстром темпе. Организм переводится на «аварийный» режим работы, позволяющий более эффективно сражаться или убегать.

Естественно, после того, как опасная ситуация миновала, необходимо вернуть организм в нормальное состояние. Для этого он обладает химическими механизмами быстрого разрушения адреналина. За это разрушение отвечает фермент аминоксидаза, соединяющийся с адреналином и связывающий его, таким образом, до того момента, когда он будет естественным образом утилизирован.

Теперь предположим, что фермент этот отвлечется на какое-то другое занятие. Как правило,

ферменты очень специфичны, то есть могут взаимодействовать только с определенными молекулами, обладающими только им свойственной формой, а с любыми другими молекулами взаимодействовать не могут. Фермент и молекула представляют собой специфичную пару, как ключ и замок (см. главу 7). Конкретный ключ может открыть только свой конкретный замок

Однако специфичность ферментов не является чем-то совершенным. Фермент может вступить в соединение с молекулой, форма которой очень похожа на форму молекулы, для которой он предназначен Таким образом, такая молекула-заместитель конкурирует с «правильной» молекулой за место в связи с ферментом, и если она занимает это место, то с «правильной» молекулой фермент уже не может соединиться. В таких случаях говорят, что действие фермента ингибировано, от английского слова, означающего «подавить». Описанное явление носит название «конкурентное ингибирование» и может очень серьезно влиять на биохимические процессы.

Соединившись с «правильной» молекулой, фермент выполняет свою задачу и отпускает ее; соединившись же с «неправильной», он может оказаться связанным с ней навсегда, как

ключ, втиснутый по ошибке не в ту замочную скважину и сломавшийся в ней. В таких случаях даже небольшое количество «неправильного» вещества может вызывать долговременное нарушение биохимических процессов, привести к необратимому ущербу для организма или даже к его смерти. Обычно именно таким образом действуют яды.

Итак, предположим, что некий фермент, аминоксидаза или какой-то еще, становится объектом конкурентного ингибирования со стороны некоего вещества, которое формируется в отсутствие НАД и не формируется в его присутствии.

Предположение о том, что механизм конкурентного ингибирования действительно имеет место в данном процессе, косвенно подтверждается на примере произрастающего на юго-западе Америки кактуса, содержащего вещество, именуемое «мескалин». Молекула мескалина имеет некоторое общее сходство с адреналином — очевидно, достаточно близкое, чтобы мескалин мог вступать во взаимодействие с аминоксидазой. Факт этого взаимодействия, пусть даже затрагивающего один-единственный фермент, может оказывать самое крупномасштабное воздействие на всю биохимию мозга. Химические

взаимодействия внутри мозга можно уподобить трехмерному кружеву из сложнейшим образом переплетенных связей. Стоит толкнуть или дернуть одну из нитей, и сдвинутся все — в той или иной степени. Итак, когда человек жует кусочек мескалинсодержащего кактуса, фермент, которому предписано разрушать адреналин, вместо этого, оказывается связанным с мескалином и адреналин начинает накапливаться, что приводит к различным эффектам. Человек начинает испытывать ощущения, не обоснованные объективной реальностью. Обычные предметы принимают странные, причудливые оттенки. Короче говоря, мескалин вызывает галлюцинации и является, стало быть, галлюциногеном.

Далее — действия поедателя мескалина тоже не соответствуют окружающим его реальным обстоятельствам. Они основаны на его искаженном восприятии, а иногда не соответствуют даже и этому восприятию. Поведение его становится странным и непредсказуемым. Индейцы юго-запада Америки, познавшие все эти переживания на собственном опыте поедания кактуса, сделали совершенно естественный для них вывод, что поедание кактуса открывает для них дверь в иной мир, лежащий за пределами обычных ощуще-

ний. Поэтому они стали использовать мескалин в религиозных целях.

Поведение употребившего мескалин похоже на поведение шизофреника, и естественно возникает вопрос, не вызывается ли шизофрения образованием в организме некоего химического вещества, эффект действия которого сходен с эффектом действия мескалина. Возможно, в условиях дефицита НАД это гипотетическое вещество образуется быстрее, и поэтому люди, имеющие врожденную склонность к снижению эффективности НАД-образующих реакций, в итоге оказываются подверженными воздействию этих химических веществ.

В лабораторных условиях адреналин легко превратить в самую малость отличающийся от него адренохром. Если ввести адренохром в кровоток, это тоже приводит ко временной смене поведения испытуемого на шизоподобное. В здоровом организме адренохром не образуется, но, может быть, он образуется в организме шизофреника?

Подобные соображения пробудили у ученых интерес к изучению и подробному анализу тех частей организма шизофреника, которые можно легко получить для исследований, например кровь или мочу. Если окажется, что некое веще-

ство будет обнаружено в организме всех, или почти всех, шизофреников и при этом не будет обнаружено в организме здоровых людей, то можно будет сделать вывод, что именно оно всему виной.

Одной из методик исследования вырабатываемых организмом жидкостей является бумажная хроматография. При использовании этого способа молекулы различных веществ, содержащихся в жидкостях, разделяются и молекулы каждого вещества занимают свое отдельное место на листе пористой бумаги. Затем путем определенных химических реакций окраски участки, занимаемые молекулами того или иного вещества, можно сделать видимыми невооруженным глазом.

В 1962 году Арнольд Фридгофф из Нью-Йоркского университета обнаружил, что при помощи одной из таких реакций можно получить розовое пятно на бумаге, на которой была разложена моча 15 из 19 шизофреников; при этом моча ни одного из 14 не-шизофреников такого пятна не дала.

С тех пор подобным же образом была рассмотрена моча гораздо большего числа обследуемых. Так, в ходе серии экспериментов, проведенных С.А. Кларком в Ливерпульском университете, материал ни одного из 265 здоровых людей не

дал при окраске розового пятна, как и материал 126 человек, страдавших не шизофренией, а другими заболеваниями. Зато в материале 46 из 84 шизофреников розовые пятна обнаружены были. Большая часть шизофреников, моча которых не содержала розовых пятен, принадлежала к разновидности параноиков. Что касается шизофреников непараноидальных разновидностей, то среди них розовое пятно обнаруживалось в материале четверых из каждых пяти.

Так что же за вещество отображалось этим загадочным розовым пятном? Оно получило название «диметоксифенилэтиламин» и по строению оказалось чем-то средним между адреналином и мескалином.

Иными словами, получается, что в организме некоторых шизофреников самостоятельно вырабатываются галлюциногены, в результате чего эти люди ведут себя как постоянно сидящие на мескалине.

Это лишь начало «физико-химической» атаки на шизофрению, но начало многообещающее. Розовое пятно на бумаге (или результаты химических анализов в любой другой форме) поможет врачам диагностировать шизофрению на самых ранних этапах, когда она еще не оказывает

заметного влияния на поведение человека и, возможно, легче поддается лечению. Есть надежда, что с помощью изучения химических процессов, приводящих к образованию розового пятна, можно будет определить «то самое» дефектное звено в биохимическом механизме и сконцентрировать таким образом усилия в поиске средства победы над этим заболеванием.

Но адреналин — не единственное вещество, активно участвующее в работе мозга. Можно назвать еще, к примеру, серотонин.

Значение серотонина было ясно продемонстрировано в свете изучения диэтиламида лизергиновой кислоты — знаменитой ныне ЛСД. Она имеет несколько более сложное строение, чем серотонин, но химики легко выделят в молекуле ЛСД серотониновый «скелет», — так что неудивительно, что ЛСД может конкурировать с серотонином за некий конкретный фермент, так же (и с тем же эффектом) как ДМФЭ конкурирует с адреналином. Иными словами, введение ЛСД может привести к накоплению в мозгу серотонина и вызывать, таким образом, шизоподобную симптоматику.

Этот факт был обнаружен случайно, в 1943 году, когда химик доктор Альберт Хофман работал над

ЛСД с какими-то вполне обыденными для химика целями. Видимо, несколько кристаллов кислоты случайно налипли ему на кончики пальцев, а оттуда — попали на губы. После этого химик впал в дремотное состояние и, чувствуя себя неспособным продолжать работу, побрел домой, где его и настигло состояние опьянения с галлюцинациями. Хофман предположил, что всему причиной ЛСД, и на следующий день, набравшись храбрости, он проглотил примерно одну стотысячную унции этого вещества, рассудив, что это должна быть небольшая доза. На самом деле доза оказалась чрезмерной — хватило бы и десятой доли от этого количества. И снова его захлестнули галлюцинации, а все остальное уже является достоянием истории.

Через двадцать четыре часа Хофман полностью пришел в себя, и, находясь под воздействием ЛСД, он не нанес вреда ни себе, ни окружающим. К сожалению, этот факт не является общим правилом, — индивидуальные различия в биохимических механизмах обмена веществ могут быть очень велики, так что воздействие, оказываемое ЛСД на разных людей, может оказаться совершенно различным. У одного галлюцинации будут средними, у другого — очень сильными; один

восстановится быстро, другой будет приходить в себя очень долго.

Химические механизмы у одних людей являются на определенных участках более хрупкими, чем у других, в том смысле, что с большей вероятностью могут дать сбой. Если речь идет об участке, сбой на котором может привести к развитию шизофрении, то такому человеку вряд ли стоит экспериментировать с ЛСД.

В нормальных условиях даже на хрупких участках биохимический механизм нормально справляется с обычными нагрузками в течение всей жизни человека, поэтому далеко не у всех предрасположенных к шизофрении людей в итоге развивается это заболевание. Однако под мощным ударом со стороны ЛСД слабое звено может пасть, и галлюцинации, временные и забавные для одних, могут овладеть мозгом других навсегда.

Поскольку никто не может знать, насколько прочны его биохимические механизмы, то применение ЛСД без профессионального наблюдения можно сравнить с «русской рулеткой». ЛСД — это дверь во временное помешательство, но некоторые могут пройти в нее только один раз, без возврата.

Вообще, ЛСД — это важный инструмент изучения психических заболеваний. Сегодняшнюю работу с ЛСД можно уподобить работе ученых врачей прошлого, которым приходилось подолгу возиться с опасными бактериями, чтобы находить средства против инфекционных заболеваний.

Но есть одно важное отличие. Исследователи XIX века не считали, что заразить себя бациллой холеры — это кайф и развлечение.

Глава 2
ПОМНЮ, ПОМНЮ...

Принято отождествлять хорошую память с развитым интеллектом. Популярные лет десять назад программы тестирования считались методикой обнаружения гениев, на самом деле представляя собой лишь задачки на объем памяти, порой (хоть и не всегда, конечно) не имеющий ничего общего с мощным интеллектом.

В качестве примера крайности в этом отношении можно вспомнить тех знаменитых близнецов, именами которых недавно пестрели заголовки газет, — они прославились тем, что могли точно и быстро назвать день недели для

любой заданной им даты, пусть даже отстоящей от сегодняшней на тысячи лет.

Как им удается это делать — до сих пор неизвестно. Помнят ли они весь календарь наизусть или каким-то образом сумели проиндексировать его по неделям? Или они помнят дни недели для каких-то ключевых дат и от них уже отсчитывают все остальные? Мы не знаем этого, а сами близнецы не могут нам ни объяснить, ни подсказать. Дело в том, что они умственно отсталые.

Более того, их потрясающая способность высчитывать дни недели не распространяется ни на какие другие вычисления. Они не в силах постичь даже простейшего сложения и вычитания.

Случаи подобной одаренности известны в истории. Так, еще в XVIII веке в Англии жил некий Джедедия Бакстон, способный в уме перемножить 23 145 789 на 5 642 732 на 54 965 и быстро выдать правильный ответ, но и он страдал той же формой умственной отсталости и до конца дней своих оставался поденным рабочим. Некий Зера Колберн, родившийся в Вермонте в 1804 году, мог за несколько секунд высчитать, сколько будет 8^{16} (восемь умножить на восемь шестнадцать раз), или почти мгновенно извлечь кубический корень из 268 336 125. Но более ничем особым он

не отличился.

Можно назвать целый ряд других подобных фактов. Как же у них у всех это получалось? Скорее всего, дело в практически неограниченной памяти на числа. Расчеты, которые эти люди производили в голове, мог бы сделать и любой обычный человек, но с карандашом и на бумаге, куда можно было бы записывать промежуточные результаты. «Арифметические гении» все эти промежуточные результаты способны держать в уме и считывать оттуда же. Имеются свидетельства о людях, которые могут довести такие расчеты до середины, потом отвлечься на что-то другое и через долгий период времени вернуться все к той же задаче безо всяких проблем. Поскольку все расчеты совершаются при этом с той же потрясающей скоростью, можно предположить, что дело в постоянной упорной практике.

Конечно, обладать арифметической одаренностью, подобной описываемой, могут не только люди со средним или ниже среднего интеллектом. Действительно гениальные математики, вроде Андре М. Ампера, Джона Уоллиса, Леонарда Эйлера или величайшего Карла Фридриха Гаусса, тоже обладали выдающейся числовой памятью. Однако, хоть память и помогала им в работе, все

же не она составляла суть их гениальности.

И все же оставим случаи особой одаренности, совмещаемой хоть с низким, хоть с высоким интеллектом, и взглянем на положение дел в целом: мы увидим, что, как правило, между памятью и интеллектом действительно существует некая зависимость. Чем умнее человек, тем лучше у него память. Хорошим примером одновременно как интеллекта, так и памяти человека служит такая характеристика, как его словарный запас.

Поэтому если нас спросят, от чего же именно зависит, что у одного человека память лучше, чем у другого, мы можем ответить: чем бы этот фактор ни оказался, именно он же определяет, почему один человек умнее другого.

Все теории памяти, как древние, так и современные, рассматривают один из двух возможных вариантов: запоминание по образу или запоминание по ассоциации. Нам эти теории кажутся чем-то естественным. Мы завязываем узелок на пальце, чтобы не забыть купить хлеба, и всякий раз, глядя на него, вспоминаем: «Ах да! Не забыть купить хлеба!» Взглянув таким образом на палец несколько раз, мы уже твердо запоминаем необходимость произвести желаемое действие.

Русский физиолог Иван Павлов сумел добиться

получения у животных условных рефлексов с помощью продолжительных ассоциаций. Он звонил в колокольчик, после чего показывал собаке миску с едой; в качестве ответной реакции у собаки начиналось слюноотделение. В конце концов, после ряда повторов, собака настолько прочно отождествляла еду со звуком колокольчика, что слюноотделение у нее начиналось уже на один лишь звук колокольчика. Получается, что механизм слюноотделения собаки «запомнил», что колокольчик означает еду.

Так родилась школа психологии, именуемая «бихевиоризм», наиболее ревностные приверженцы которой утверждают, что любое обучение и все ответные реакции суть условные рефлексы. По этой теории при заучивании стихотворения наизусть каждая строчка ассоциируется с предыдущей, или, иными словами, каждая строчка вызывает последующую, как условный рефлекс.

Однако понятно, что память не всегда можно объяснить как последовательность стимулов и реакций, когда один объект напоминает другой, тот — третий и т. д. Человек может помнить и образы.

Да позволено мне будет привести примером себя самого (чью еще память я могу знать так

хорошо, как собственную?). Память на числа у меня самая заурядная. Я не могу перемножить в уме два трехзначных числа. Зато карту Соединенных Штатов я в любой момент могу представить перед глазами и способен воспроизвести ее по памяти, не ошибившись ни одним штатом. В детстве я частенько выигрывал какую-то мелочь, написав на спор названия всех штатов менее чем за пять минут.

Память может иметь и различные сроки. Существуют краткосрочные и долгосрочные воспоминания. Пока набираешь телефонный номер, он очень легко удерживается в памяти, затем он автоматически забывается. Однако те номера, которыми человек пользуется часто, переходят в область долгосрочной памяти — их можно вспомнить даже после перерыва в несколько месяцев.

Легко выдвинуть предположение, что память начинается с краткосрочной, а затем становится долгосрочной. Чтобы понять, как это происходит, давайте сначала рассмотрим строение нервной системы.

Нервная система состоит из множества микроскопических клеток — нейронов. Они имеют неправильную форму, с выпирающими в том или ином направлении отростками. Эти отростки

называются «дендритами», от латинского слова, означающего «дерево», потому что похожи на ветви дерева. Самые длинные отростки носят название «аксоны» и могут достигать в длину несколько сантиметров, а то и дециметров. Дендриты или аксоны одного нейрона могут подходить очень близко к другим нейронам, но никогда не коснутся их. Между ними всегда будет изолирующее пространство — синапс.

Получивший стимуляцию нейрон способен передавать вдоль своей поверхности и по всем отросткам слабый электрический импульс. Как правило, на синапсе этот импульс останавливается, но при определенных условиях химическая среда синапса изменяется таким образом, что электрический импульс преодолевает изолирующее пространство и переходит в следующую клетку. Таким образом, выборочно преодолевая определенные синапсы, электрический импульс может следовать тем или иным путем по нервной системе.

Теперь предположим, что при каждом получаемом нами ощущении происходят некие изменения в определенной группе синапсов, позволяющие электрическому импульсу проходить через них. Эти группы синапсов выбираются

таким образом, чтобы импульс мог переходить из одной клетки в другую, и в конце концов образуется замкнутая цепь клеток, по которой какое-то время движется электрический импульс, как автогонщик по стадиону. Первоначальное ощущение и конкретную замкнутую цепь клеток можно рассматривать как связанные ассоциацией. Пока организм каким-то образом ощущает движение импульса по некоторой замкнутой цепи и отделяет его от всех остальных (как именно это происходит, пока неизвестно), он помнит и ощущение, породившее движение этого импульса.

Однако со временем воздействие, оказываемое на синапсы, ослабевает, движение импульса по цепи останавливается и воспоминание стирается. Так работает краткосрочная память.

Но предположим, что каждый раз, когда каким-то образом ощущается движение нервного импульса по замкнутой цепи, синапсы открываются в еще большей степени, что усиливает движение импульса. В конце концов измениться может и физическое строение клеток — между клетками, участвующими в цепи, формируется большее количество дендритов, что еще больше облегчает путь нервному импульсу. В конце

концов доходит до того, что импульс может двигаться уже самостоятельно, без какой-либо дополнительной реактивации. Так работает долгосрочная память.

Естественно, чем дольше происходило движение нервного импульса по замкнутой цепи, тем тверже оно могло закрепиться, поэтому нам, как правило, легче вспомнить выученное в юности, чем в прошлом году.

Можно предположить, что в некоторых индивидуальных случаях строение мозга может оказаться таким, что отдельные типы долгосрочных воспоминаний, к примеру те, что касаются чисел, формируются особенно легко, порождая тем самым специфический талант у людей, чей мозг может быть и неприспособленным при этом к демонстрации высокого интеллекта. Возможно, некоторые типы замкнутых цепочек нервного импульса, ввиду длительного использования, начинают формироваться быстрее и легче, чем прочие, и поэтому случается так, что кто-то легко запоминает имена, но никак не может запомнить лиц или что некий рассеянный профессор прекрасно помнит все подробности относительно своего предмета, но с трудом припоминает свой домашний адрес.

Но может ли в мозгу физически разместиться столько замкнутых нервных цепочек? По некоторым подсчетам, за время жизни человека мозг его поглощает около одного квадриллиона — 1 000 000 000 000 000 — битов информации.

В мозгу около десяти миллиардов (10 000 000 000) клеток серого вещества — нейронов и примерно в девять раз больше вспомогательных клеток — глий (нейроглий). Некоторые ученые выдвигают предположение, что клетки глии, небольшие по размеру, используются при кратковременной памяти, а нейроны, более крупные, — в долгосрочной. Если считать, что в каждой цепочке задействованы две клетки, то получается, что в мозгу могут разместиться десять миллионов квадриллионов цепочек — в десять раз больше, чем можно заполнить воспоминаниями целой жизни. Конечно же множество клеток не могут участвовать в цепочках друг с другом, поскольку не соседствуют между собой, но, с другой стороны, в таких цепочках может быть соединено и не две, а больше клеток — вплоть до нескольких десятков. Если считать десятками, то получится, что в мозгу во много раз больше места, чем может понадобиться для хранения всех возможных воспоминаний.

Вполне возможно, что в мозгу достаточно места не только для того, чтобы хранить все необходимые циклы, но даже и для того, чтобы дублировать каждый из них по нескольку раз, потому что мозг может подвергаться достаточно обширным хирургическим операциям без какого-либо заметного ущерба для памяти. Если в процессе хирургической операции разрушается одна копия какого-то определенного цикла, то остальные копии, находящиеся где-то в других областях мозга, продолжают свою службу.

И все же, можем ли мы полностью быть уверенными в такой, казалось бы, очевидной вещи, что долговременные воспоминания возникают из кратковременных? Иногда при электростимуляции отдельных областей мозга (это бывает необходимо при определенных хирургических операциях) оперируемого захлестывают волны воспоминаний. Эти воспоминания настолько полны реалистичных деталей, что пациент практически проживает заново какую-то часть своей жизни, даже если при этом одновременно прекрасно ощущает все происходящее в реальности. Так, Уилдер Пенфилд из университета МакГилл сумел таким образом заставить пациента вспомнить обрывки музыки из детства последнего и

пережить заново несколько сцен того периода.

Подобного рода наблюдения могут привести к выводу о том, что в мозгу на самом деле вечно хранятся во всей полноте воспоминания обо всех полученных когда-либо ощущениях. То есть долговременными являются все воспоминания без исключения, но с помощью какого-то механизма они быстро блокируются, если не подтвердить их важность постоянными возвратами к тому или иному воспоминанию. Тогда можно предположить, что «феноменальной памятью» ее носители обязаны каким-то сбоям в функционировании механизма блокировки.

Зигмунд Фрейд, как впоследствии и его последователи, считал такую блокаду воспоминаний явлением ни в коей степени не автоматическим и не механическим. Напротив, с его точки зрения, это активный процесс, пусть и бессознательный. Отдельные воспоминания по какой-то причине отбираются для того, чтобы быть забытыми, потому что это воспоминания о событиях болезненных, шокирующих или смущающих, о наказаниях или унижениях, о событиях, не укладывающихся в принятый образ представлений о жизни. Фрейд называл этот процесс «вытеснением».

Вытеснение часто проходит несовершенно, и психоаналитики полагают, что причиной неврозов является как раз именно несовершенство самого механизма забывания. Воспоминание, которое предполагалось забыть, время от времени все равно всплывает, правда, в замаскированном виде (часто эта маскировка является иррациональной, то есть «невротической»), По Фрейду, исцеление от невроза кроется в том, чтобы с помощью свободных ассоциаций, анализа сновидений или других техник вытащить вытесненное воспоминание в сферу сознания. Став сознательным, это воспоминание влияет на личность уже рациональным, а не невротическим образом.

Однако далеко не все врачи придерживаются фрейдистских взглядов, и уж точно каждый может вспомнить примеры, когда забываются воспоминания никоим образом не травматического характера. Если мозг действительно является идеальным запоминающим инструментом, то избирательное забывание является необходимым условием выживания. Если держать в памяти каждый телефонный номер из тех, что вы когда-либо видели или слышали, то как сложно будет найти среди них тот, который необходимо набрать!

Что же представляет собой на самом деле механизм вспоминания? Даже если предположить существование избирательного забывания, все равно вопрос остается открытым. Как человек выбирает один объект среди множества схожих, хранящихся в мозгу?

Вернусь снова к собственному примеру. У меня достаточно хорошая память на исторические имена и даты. Спросите меня год смерти королевы Елизаветы I, и я без запинки отвечу — 1603-й и так же быстро назову 336 год до н. э., если меня спросят, в каком году был убит Филипп Македонский. Я сам не знаю, как у меня получается так быстро выбирать даты. У меня нет никакой сознательной системы, и никаких особых усилий при этом я тоже не ощущаю.

Найти в мозгу области, в которых непосредственно сосредоточены те самые замкнутые цепочки нервного тока, или хотя бы установить точно, существуют ли они на самом деле, — задача сложнейшая. Может быть, лучше подойти к делу и с другой стороны — рассматривать не клетки и их физиологию, а молекулы и их химию? Еще в 1874 году английский биолог Т. Г. Хаксли предположил, что за каждое отдельное воспоминание отвечает отдельная молекула мозга.

Казалось бы, задача по переходу от изучения клеток (которые можно хотя бы увидеть) к изучению совершенно невидимых молекул лежит для исследователя где-то на промежутке между «очень трудно» и «практически невозможно», но на самом деле это не так. Тут скорее можно вспомнить анекдот о враче, который велел сильно простуженному больному облиться водой и посидеть на сквозняке. «Что вы говорите, доктор?! — возмутился больной. — Тогда моя простуда превратится в воспаление легких!» — «Совершенно верно, — без тени смущения ответил врач. — А воспаление легких мы лечить уже умеем!»

В течение 1950-х годов биохимики получали все больше и больше доказательств тому, что в процессе производства белка важное участие принимает сложный элемент рибонуклеиновая кислота (обычно обозначаемая аббревиатурой РНК). Эти доказательства очень хорошо сочетались с уже имевшимися на тот момент сведениями о том, что в клетках, производящих необычно большое количество белков, содержится и необычно высокая концентрация РНК. Это относится как к растущим и делящимся клеткам, так и к клеткам, вырабатывающим богатые белковым содержанием выделения.

Однако, как ни странно, оказалось, что самая высокая концентрация РНК обнаруживается в клетках мозга, которые не растут, не размножаются и ничего не вырабатывают. Для чего же в них столько РНК?

Решением этой загадки вплотную занялся шведский невролог Холгер Хиден в университете Гётеборга. Он разработал технологию, позволяющую отсоединять от ткани мозга отдельные клетки для последующего анализа их на содержание РНК. Объектом исследования ученый выбрал крыс. Он создавал условия, в которых крысам приходилось овладевать новыми навыками, например долго удерживать равновесие на натянутой проволоке. И к 1959 году Хидену удалось установить, что в клетках мозга крыс, которым приходилось учиться, содержание РНК оказывалось в среднем на 12 процентов выше, чем в клетках мозга тех крыс, которые жили вольготно и спокойно.

Получается, что РНК необходима для обучения, а следовательно, и для запоминания (без которого обучение невозможно себе представить). Но мыслимо ли это? Можно представить себе, что комбинаций из сотен миллиардов клеток, содержащих замкнутое кольцо нервного тока,

достаточно для хранения всех воспоминаний жизни, но неужели для всех этих же воспоминаний может хватить различных вариантов молекул одного и того же вещества?

Давайте посмотрим. Молекула РНК представляет собой длинную цепочку, состоящую из четырех родственных, но четко различающихся между собой элементов. Каждое звено цепочки — это один из этих четырех элементов, обозначим их как A, B, C и D. Соответственно, для цепочки, состоящей всего из двух звеньев, возможно представить 4x4, то есть 16 вариантов: AA, AB, AC, AD, BA, BB, BC, BD, CA, CB, CC, CD, DA, DB, DC и DD. Соответственно, для цепочки из трех звеньев таких вариантов может быть уже 4 x 4 x 4, то есть 64, и т. д.

По мере удлинения цепочки количество возможных комбинаций ее структурных единиц возрастает с катастрофической скоростью. Молекула РНК, состоящая всего из 25 элементов, может принять любой из квадриллиона возможных вариантов; таким образом, если считать, что каждое ощущение, когда-либо испытанное человеком в жизни, записывается в виде отдельной молекулы РНК, то длины молекулы в 25 элементов окажется вполне достаточно.

На самом же деле молекулы РНК состоят из со-

тен элементов, а не из двух с половиной десятков. Поэтому нет никаких сомнений в том, что молекула РНК — инструмент, вполне пригодный для записи как любых учебных сведений и прочих воспоминаний, накапливаемых человеком за всю жизнь, так и в миллион раз большего объема информации.

Итак, предположим, что действительно имеется картина такой вот «РНК-памяти». Все клетки организма быстро и с легкостью умеют вырабатывать РНК, но, как правило, подавляющее большинство клеток способны создавать лишь небольшое количество вариантов этого вещества, для своих узкоспецифических задач. Остается предположить, что в клетках мозга, напротив, может вырабатываться бесчисленное множество вариантов РНК, так что каждое новое ощущение вызывает образование новой РНК, несколько отличающейся от всех предыдущих, и в будущем обращение к этой молекуле позволит возродить и породившее ее ощущение.

И действительно, в ходе своих опытов Хиден установил, что в мозгу крыс, подвергавшихся принудительному обучению, не только увеличивалась концентрация РНК, но и сами молекулы видоизменялись. Менялось соотношение четы-

рех структурных элементов РНК между собой, появлялись новые их комбинации, отличающиеся от обычных.

Каким же образом клетка мозга реагирует на ощущение путем образования молекулы РНК? Формируется ли вариант молекулы случайным образом, а затем «приписывается» определенному ощущению? Если да, то может ли получиться так, что один и тот же вариант молекулы будет образован несколько раз в течение жизни человека и каждый раз будет «назначен» новому воспоминанию, не смешаются ли воспоминания между собой в таком случае? Скорее всего, такого происходить в любом случае не должно хотя бы потому, что количество потенциально возможных вариантов настолько велико, что вероятность повторного выпадения одной и той же комбинации стремится к нулю.

Однако вполне возможно, что для каждого определенного ощущения имеется свойственная только ему комбинация РНК, то есть одно и то же ощущение «записывается» одной и той же РНК у всех живых существ.

В пользу последнего предположения свидетельствуют результаты работ Джеймса В. Макконнела из Мичиганского университета. Объектом его

экспериментов являлись планарии — плоские черви около четырех сантиметров длиной. Ученый заставлял их пережить сначала световую вспышку, а сразу вслед за ней — электрический удар. От электрошока тела червей сокращались, а вскоре стали сокращаться и от одной лишь вспышки, даже тогда, когда электрического удара за ней не следовало. У червей образовался условный рефлекс, то есть они «научились» ждать электрический удар после световой вспышки, предположительно, путем образования соответствующих единиц памяти в виде молекул РНК.

Этих «обученных» планарий разрубили на мелкие кусочки и скормили другим, «необученным». Затем «необученных» червей стали проводить через тот же процесс «обучения», и оказалось, что они начинают реагировать на световую вспышку гораздо быстрее, чем черви из контрольной группы. Можно предположить, что они получили необходимые РНК с пищей, таким образом «съев чужую память».

Значит, определенная РНК все же каким-то образом связана с определенным ощущением. Вариант молекулы выбирается неслучайным образом, поскольку РНК, образованная в ответ на конкретный стимул у одних планарий, «сработа-

ла» и оказавшись в организме у других.

Работавший вместе с Макконнелом Аллан Л. Джейкобсон впоследствии продолжил эти эксперименты уже в Калифорнийском университете. Вместо грубой передачи молекул через поедание одним червем другого целиком (в этом случае остается возможность того, что рефлекс был закодирован какой-то другой молекулой), он напрямую выделил и пересадил именно РНК от обученных червей необученным. Так тоже «сработало», и ученые полностью убедились, что информация о воспоминании передается именно через РНК.

Но не будем ограничиваться одними лишь планариями. А то некоторые скептически настроенные исследователи особо подчеркивают тот факт, что реакция планарий на раздражитель так слаба, что трудно понять, где тут обученные черви, где необученные, и можно ли назвать хоть одного червя действительно обученным вообще. Джейкобсон взялся за обучение и более высокоорганизованных животных — крыс и хомяков, приучив их двигаться к кормушке по звуковому или световому сигналу. После того как у подопытных животных образовывался условный рефлекс, их забивали, а содержащуюся в их

мозге РНК вводили животным, не проходившим обучения. И снова получившие такую инъекцию животные проходили аналогичное обучение гораздо быстрее, поскольку в их организме уже присутствовала часть той РНК, которую требовалось образовывать. Интересно отметить, что действенным оказался и межвидовой «перенос памяти», от хомяка к крысе например.

После публикации доклада Макконнела, посвященного планариям, возникли шуточные (по крайней мере, мне хочется верить, что это были шутки) предположения о том, что теперь нет для студента лучшего способа выучиться, чем съесть своего преподавателя.

Тороплюсь сказать о том, что есть и альтернативные точки зрения. Возможно, что ускорить обучение может и приток вообще любой РНК, — так сказать, массированная поставка сырья. И действительно, есть информация о том, что инъекции такой «нерефлекторной» РНК значительно улучшают способность к обучению в пограничных состояниях.

Тогда почему бы не стимулировать организм просто вырабатывать побольше РНК? Известно, что лекарственное вещество Cylert (его правильное химическое название — магниевая соль

пемолина, или, еще строже, «2-имино-5-фенил-4-оксазолидинонато(2)-диаквомагнезия») повышает выработку РНК на 35-40 процентов. На крысах его действие выражалось в значительной степени повышения обучаемости животных.

Подобного рода эксперименты проводятся (с соблюдением всех мер предосторожности) и на людях, в первую очередь — на больных с симптомами преждевременного старения. По данным доктора Эвена Кэмерона из медицинского центра Элбани, удалось добиться улучшений как минимум у 17 из 24 больных.

Однако статья, опубликованная 5 августа 1966 года в журнале Science и подписанная большим числом ученых из восьми различных исследовательских центров, не оставила камня на камне от эйфории, охватившей было все научное сообщество. В статье содержались данные о полном провале множества независимых друг от друга попыток «перенести знание» посредством пересадки РНК от обученных крыс к необученным.

Правда, тех, кто твердо верит в грядущие перспективы, эти данные не смущают. Можно сказать, что, совершая огромный шаг в данной научной области, ученые как бы зависли сейчас в воздухе, а ведь объект начатой ими работы

— крайне сложная и тонкая материя. Условия всех проводимых разными лабораториями экспериментов различаются, пусть в мелочах, но эти мельчайшие отличия могут оказаться принципиальными. Не говоря уж о том, что объективно измерить такой неуловимый параметр, как «обучаемость», очень сложно — один экспериментатор сочтет испытуемого «обучаемым», другой — нет. В той самой статье, опубликованной в Science, содержалась такая фраза: «Надо отметить, что неспособность выдавать воспроизводимые результаты — обычное свойство ранних стадий исследований, когда еще не установлен полный перечень всех факторов, оказывающих влияние на результат».

Наличие отрицательных результатов совершенно не обязательно доказывает, что РНК не имеет отношения к механизмам памяти, не доказывает даже того, что память в принципе нельзя перенести от одного существа к другому. Отрицательные результаты могут четко доказывать только одно — что техника такого переноса на сегодняшний момент крайне несовершенна. Это и неудивительно для столь ранней стадии исследований.

Нельзя рассматривать молекулы РНК как су-

ществующие сами по себе. Они ведь откуда-то берутся? Например, известно, что определенные молекулы РНК формируются в клеточном ядре, как «копии» похожих, чуть более сложных по строению, молекул, известных как ДНК. Никаких других способов формирования организмом молекул РНК ученым не известно, и многие из них сомневаются в том, что поступающие извне ощущения могут напрямую стимулировать производство молекул РНК.

Молекулы ДНК — это структурный элемент генов, носителей наследственности, передающихся от родителей к детям с помощью сложного, но достаточно надежного механизма.

В каждой клетке имеется длинная цепочка молекул ДНК, и каждая из ДНК, составляющих эту цепочку, может использоваться для производства своей РНК-копии определенного строения. Возможно, некоторые составляющие ген молекулы ДНК с самого начала могут служить моделями, и именно их РНК-копии и представляют собой тот набор РНК, который необходим для обычного функционирования клеток.

Далее, можно предположить, что другие молекулы ДНК с самого начала являются заблокированными, а получение определенного ощущения

из внешней среды разблокирует отдельный участок молекул ДНК, после чего начинает формироваться молекула РНК, соответствующая этой «освобожденной» молекуле.

Тогда получается, что у каждого из нас с самого рождения уже имеется запас всех возможных воспоминаний, так сказать, «банк памяти» в виде содержащихся в его генах молекул ДНК, которого достаточно на все случаи жизни. Банки памяти отдельных представителей одного и того же биологического вида, а возможно — и родственных видов, могут быть практически одинаковыми. Если все это действительно так, то понятно, что молекула РНК, несущая определенное воспоминание у одного человека, будет нести его же и у другого и почему в принципе можно переносить от одного человека к другому приобретенные знания.

Цепь биохимических соответствий не с РНК начинается и не на РНК заканчивается. Главной функцией молекул РНК, насколько нам известно, является производство белковых молекул. Каждая конкретная молекула РНК используется для формирования строго определенного белка. Так, может быть, для функционирования памяти необходима не сама РНК, а соответствующий

ей белок?

Проверить это предположение можно, например, с помощью лекарства пуромицин. Он нарушает химический механизм формирования белка, не оказывая при этом влияния на саму РНК.

Луис Б. Флекснер с женой Джозефой провели в медицинском колледже университета Пенсильвании серию соответствующих экспериментов с пуромицином. Для начала они научили мышей правильно проходить простой лабиринт, избегая удара электротоком. Получив инъекцию пуромицина, обученные мыши быстро забывали все, чему их научили, несмотря на то что молекулы РНК в их организмах оставались такими же, как были до того. Обучить их заново удавалось только после того, как действие пуромицина заканчивалось.

Однако для получения подобной амнезии важно ввести инъекцию препарата достаточно быстро. В случаях, когда Флекснеры выжидали больше пяти дней и только потом вводили мышам пуромицин, забывания навыков не происходило. Все выглядело так, как будто за это время успевало образоваться что-то постоянное, как будто навык перенесся из краткосрочной

памяти в долгосрочную, над которой пуромицин уже не властен.

Заслуживает упоминания еще один эксперимент, связанный с переучиванием. Мышь сначала научили двигаться по лабиринту по маршруту А, чтобы не подвергнуться удару электротоком, а затем вдруг стали бить током всякий раз, когда она вступала на этот «безопасный» маршрут. Теперь, чтобы избежать удара током, мыши надо было двигаться по маршруту В. После того как животное обучалось двигаться по новому маршруту, ему вводили пуромицин. Оно тут же забывало маршрут В, как кратковременное воспоминание, но маршрут А, как воспоминание долговременное, продолжал оставаться в ее памяти, и мышь принималась снова упорно вставать на маршрут А.

Все это можно объяснить через те замкнутые циклы тока, о которых я писал в начале статьи. Предположим, что с помощью РНК формируются белки, участвующие в образовании новых дендритов или активации старых. Если представить действие этих процессов как продолжительное и постепенное, то легко предположить картину, когда в первые несколько дней новообразуемые циклы тока еще слабы и неустойчивы, и если пре-

рвется поставка некоего нужного белка, то они с легкостью прерываются. Чуть позже, когда дендриты дорастают до нужного размера, замкнутый цикл тока становится сильным и устойчивым, необходимость в белке отпадает и пуромицин становится бессильным.

Подразумевается, что описанный процесс соответствует переходу навыка из области краткосрочной памяти в область долгосрочной памяти. Так, может быть, все обстоит иначе?

Джейкобсон (тот самый, который осуществлял перенос РНК от одного живого существа к другому) проводил эксперименты и по обучению и переобучению планарий. Пересадив РНК от таких «переобученных» червей другим планариям, ученый выявил у этих планарий склонность к образованию первичного, «старого» навыка и никакой склонности к образованию «нового», достигнутого в процессе переобучения.

Возможно, что, когда планарию приучают «забыть» некий навык, образующиеся в процессе обучения молекулы РНК не удаляются из организма, а просто деактивируются каким-то образом. Если РНК перенести, а блокирующий агент (чем бы он ни был) — нет, то воспоминание будет перенесено, а «забывание» — нет. Такая схема

укладывается в гипотезу о том, что на самом деле все воспоминания являются долговременными и организм производит дополнительную работу нервных клеток не для того, чтобы что-то вспомнить, а для того, чтобы что-то забыть. Вполне по Фрейду.

Изучение механизмов памяти — область безумно интересная и связанная с множеством ожиданий от будущего, как надежд, так и страхов. Можно ли улучшить память с помощью таблеток? Можно ли учиться быстрее и овладевать большим объемом знаний путем химической стимуляции? Можно ли стать умнее в целом? Можно ли внешними манипуляциями подстроить мозг под наши потребности? Можно ли своими силами превратиться из человека в сверхчеловека? А может быть, наоборот, некоторые решат, что требуется прямо противоположное, и научатся превращать человека в идеального раба?

Но какими бы радостными или пугающими ни были все эти перспективы, до их практического воплощения еще далеко. Человечество сделало лишь первый шаг по тернистой дороге, конец которой скрывается за горизонтом.

Глава 3
ЧЕЛОВЕК ГОЛОДНЫЙ

Людей, страдающих излишним весом, поучать легко. Их можно стращать перспективой ранней смерти и безапелляционно велеть им меньше есть. Можно мягко советовать уделять больше внимания специальным физическим упражнениям, например, отодвиганию стула в направлении прочь от стола где-то посреди трапезы или резким поворотам головы из стороны в сторону в ответ на предложение добавки.

Кажется, нет ничего проще, чем следовать таким советам. Так почему же множество людей продолжают набирать вес, несмотря на то что излишний вес порождает дискомфорт, лишает человека привлекательности и увеличивает риск ранней смерти? Почему толстяк продолжает есть?

Этот феномен модно объяснять психологическими причинами. Многие психиатры утверждают, что причина недуга, отражающегося на состоянии всего тела, кроется в бессознательном. Они называют ожирение «психогенным».

По такой версии люди, имеющие некоторый умеренный излишний вес и не страдающие при этом никакими определенными гормональными расстройствами, являются жертвами личностных проблем, что заставляет их переедать вопреки советам друзей и собственному здравому смыслу, вопреки самому искреннему желанию следить за диетой.

То ли их в детстве чрезмерно опекали и перекармливали до образования необратимой привычки к перееданию, то ли их, наоборот, напрочь отвергали, что вынудило их искать компенсации в еде. Может быть, к поиску утешения в поедании пищи их подтолкнула травма отлучения от груди. Возможно, они так и застряли на оральном этапе эротического развития, не сумев перерасти его, или, наоборот, навязчиво потребляют пищу, чтобы скрыть от себя самих подавленное желание отвергнуть как пищу, так и мать.

В общем, недостатка в возможных объяснениях происходящего психоаналитики не испытывают и утверждают в заключение, что излечиться от навязчивой потребности в еде можно с помощью психоанализа. Однако увеличение числа психоаналитиков в течение одного-двух последних

поколений никак не сказалось на снижении числа людей с излишним весом. Напротив, толстяков становится все больше. Если судить по результатам, то похоже, что психологический подход к проблеме имеет какие-то серьезные недостатки.

Несколько лет назад двое ученых из колледжа штата Айова объявили о результатах своей попытки проверить гипотезу о психогенном происхождении полноты. Они изучили данные около сотни девушек — учащихся сельских школ, разделив их на две группы: в одну вошли девушки, которые на протяжении как минимум трех лет имели излишний вес, а в другую — девушки с весом в пределах нормы.

Если бы «психогенная» теория была верна, то полные девушки демонстрировали бы большую эмоциональную неустойчивость, чем девушки с нормальным весом; их успеваемость в школе была бы ниже нормы и прочие тесты тоже показывали бы тревожные результаты.

Однако, когда такое сравнение было действительно произведено, оказалось, что полные девушки никоим образом не выделяются из общего числа обследованных. И успеваемость их, и эмоциональная устойчивость, и сексуальные предпочтения — все оказалось абсолютно таким

же, как и у их более стройных сверстниц. Единственная разница, которую удалось обнаружить исследователям, заключалась в том, что родители полных девушек сами обладали более плотной конституцией, чем родители худых.

Это и неудивительно. Из множества предыдущих исследований уже было известно, что лишь 10 процентов детей родителей, имеющих нормальный вес, будут полными. Если же один из родителей сам является полным, вероятность того, что у ребенка будет излишний вес, возрастает до 50 процентов. А у двоих полных родителей ребенка та же судьба ожидает с вероятностью уже 80 процентов.

Можно сделать из этого вывод, что излишнее потребление пищи — привычка, воспитанная родительским примером. Однако пример разделенных близнецов показывает, что они набирают один и тот же вес, даже если воспитывались в совершенно различных условиях.

Остается только с тревогой обратиться к изучению наследственности. Возможно, существует некое наследуемое свойство, ведущее к перееданию, и тогда получается, что главная причина излишнего веса лежит в сфере физиологии.

Некоторые диетологи так и считают, сетуя на

то, что исследования в области физиологии ожирения тормозятся несерьезным отношением к вопросу со стороны людей с нормальным весом (в том числе врачей и диетологов), которые зачастую уверены, что с перееданием легко можно справиться простым усилием воли.

Неспособность к подобному волевому усилию принято порицать как чревоугодие; если же будет обнаружена физиологическая причина переедания, то это снимет с обжоры ответственность, что некоторые считают просто аморальным.

Но полностью исключить физиологию уже не удастся. Факт наследования склонности к полноте уже признан исследователями и изучается на материале животных, которым гораздо сложнее, чем людям, приписать сложную психологическую мотивацию. Так, получены линии лабораторных мышей, которые, получив возможность есть сколько пожелают, поглощают пищу до тех пор, пока не станут весить в два раза больше обычных мышей (притом что обычных мышей тоже в еде никто не ограничивает). Их «склонность к ожирению» является наследственной, и ее можно проследить от поколения к поколению.

Многие виды мясного скота представляют со-

бой именно такие отобранные линии. Например, домашние свиньи — это просто ходячие фабрики по выработке сала, совершенно не похожие на своих предков — поджарых, стройных диких свиней. Почему же тогда фактор наследственности следует игнорировать в отношении людей? Ведь логично предположить, что причиной ненормального ожирения может быть наследование некоего дефекта биохимии организма.

Все мы знаем, что прием пищи регулируется с помощью аппетита. Когда человек голоден — он ест, когда сыт — прекращает есть. Большинству людей такой автоматической регулировки достаточно, чтобы поддерживать свой вес более-менее на одном уровне (с колебаниями в пределах 2-3 процентов). Этим счастливчикам незачем особенно следить за тем, что и в каких количествах они едят. Их организм сам следит за своим весом.

Но не всем так везет. Есть люди, которые постоянно набирают вес, как только перестают следить за своей диетой. Чтобы не растолстеть, им приходится сознательно ограничивать свой аппетит, вечно есть меньше, чем хочется, отчего их жизнь подчас становится поистине несчастной.

Большинство таких людей, чей аппетит превышает потребности организма, набирают

некоторое количество излишнего веса и на этом останавливаются. Ведь каждый лишний набранный килограмм приходится постоянно поднимать, ворочать и перемещать, на что и тратится дополнительная энергия, получаемая от избытка поглощаемой пищи. Но некоторые в ответ на увеличение расхода энергии начинают есть еще больше и таким образом все набирают и набирают вес до тех пор, пока не принимают решения бороться с этим процессом сознательно.

Причем излишний вес — это проблема, связанная не только с приемом пищи. Одно из недавних исследований состояния школьников показало, что большинство полных детей едят даже меньше, чем дети с нормальным весом, но они проводят свое свободное время сидя перед телевизором, а не участвуя в подвижных играх и других видах активного отдыха.

Набор или потеря веса регулируется отношением количества поглощаемой пищи к расходу энергии при этом. Излишний вес обретают те люди, кто постоянно ест «чуть больше», чем требуется для свойственного им расхода энергии, не важно, велик или мал этот расход. И именно этот излишек энергии и откладывается в виде жира.

Может быть, у таких людей просто что-то не в

порядке с аппетитом? Можно провести аналогию между аппетитом и термостатом, регулирующим температуру обогревательных приборов. Термостат можно настраивать на различные значения, и может получиться так, что под его руководством обогреватель поднимет температуру в комнате несколько выше комфортной; так и аппетит может оказаться настроенным на разные уровни. Тот, у кого настройки аппетита сбиты в сторону завышения потребностей, становится Человеком Голодным. Он и проголодается раньше других, и дольше будет оставаться голодным — неудивительно, что ему предстоит быстро обрасти жиром.

Это плохо. По нашим американским меркам, жирным быть некрасиво, и к тому же мы четко знаем, что излишний вес представляет собой опасность для здоровья. Для толстяка вероятность заболеть диабетом в четыре раза выше, чем для человека с нормальным весом, а болезнями сердечно-сосудистой системы — в два раза. Из соображений заботы как о своей внешней привлекательности, так и о своем здоровье многие толстяки пытаются похудеть — обычно для этого садятся на диету. Но для людей с повышенным аппетитом диета — это мучение. Кроме того, на

урезание рациона организм такого человека реагирует, как правило, снижением двигательной активности, в результате чего, несмотря на все претерпеваемые муки, такие люди теряют меньше веса, чем люди с нормальным аппетитом, потребляющие тот же объем пищи.

Садясь на диету, толстяк, можно сказать, вручную удерживает бегунок регулятора своего аппетита на нужной позиции. Такому худеющему приходится все время быть начеку, ведь стоит ему расслабиться, как аппетит снова становится прежним и вес опять начинает расти. Вокруг нас полно толстяков, которые когда-то путем долгих усилий сумели похудеть, а затем снова набрали весь свой вес.

На аппетит можно воздействовать не только с помощью одних лишь волевых усилий. Можно принимать таблетки, снижающие аппетит. Можно попытаться «обмануть» организм, если есть очень медленно или маленькими порциями. Существуют целые «обманные» диеты, основанные на употреблении жирной пищи с низким содержанием углеводов, поскольку жиры якобы быстрее утоляют аппетит, чем углеводы, и при этом на более долгий срок. Но какие уловки ни используй, как только от них откажешься

— вес в конце концов снова вернется к прежнему уровню.

Где же находится регулятор аппетита и как он работает? Кажется, что место его расположения — часть мозга, носящая название «гипоталамус» (см. главу 1). Если подопытному животному химическим или хирургическим путем повредить гипоталамус, аппетит его возрастает многократно. Животное начинает жадно есть и вскоре становится толстым.

А вот как именно работает аппетит — вопрос весьма спорный. Если его колебания определяются не «душевным дискомфортом», а чем-то более физическим и материальным, то чем же именно?

Интересное предположение на этот счет содержится в теории, выдвинутой Джин Майер, физиологом из Гарвардского медицинского колледжа. В этой теории важное значение придается уровню глюкозы в крови. Глюкоза — это вид сахара, всегда обнаруживаемый в крови в небольших количествах. Запасы глюкозы организм хранит в печени в виде крахмалообразного вещества, называемого «гликоген». Клетки организма поглощают глюкозу из крови и используют ее для извлечения энергии. По мере расходования

глюкозы, растворенной в крови, печень вырабатывает дополнительное ее количество из гликогена и снова выбрасывает в кровь — ровно столько, сколько необходимо для того, чтобы компенсировать затраты. При активной деятельности клетки используют больше глюкозы, поэтому печень преобразует гликоген в глюкозу с повышенной скоростью; на отдыхе, напротив, расход глюкозы уменьшается и преобразование гликогена в глюкозу тоже замедляется. В целом процесс оказывается очень хорошо сбалансированным. Но на самом деле уровень глюкозы не является всегда полностью однородным. В перерывах между приемами пищи уровень глюкозы в крови медленно снижается, после еды — повышается. Майер выдвинула предположение, что именно эти колебания и управляют расположенным в гипоталамусе центром аппетита. Клетки этого центра, по теории Майер, непрерывно анализируют уровень глюкозы в крови: когда он снижается, включается чувство голода, когда он повышается, включается ощущение сытости.

Если принять теорию Майер за истину, то возникает следующий вопрос: а чем же регулируется уровень глюкозы в крови? Чем определяется тонкий баланс между противоположно направлен-

ными процессами поглощения и формирования глюкозы организмом?

Насколько нам известно, этот баланс управляется в основном двумя гормонами, вырабатываемыми определенными клетками поджелудочной железы. Один из них хорошо известен — это инсулин. Действие инсулина заключается в понижении уровня глюкозы, скорее всего, за счет облегчения процесса поглощения глюкозы клетками организма. Если вдруг по какой-то причине уровень глюкозы поднимается слишком высоко, то инсулин начинает вырабатываться и выбрасываться в кровоток, клетки начинают активнее поглощать глюкозу и ее уровень снижается.

Второй гормон — глюкагон. Он оказывает противоположно направленное действие.

Его действие заключается в поддержании высокого содержания глюкозы в крови, по-видимому, засчет стимуляции переработки хранящегося в печени гликогена в глюкозу. Если уровень глюкозы вдруг падает слишком низко, то поджелудочная железа начинает активно работать, производя глюкагон, гликоген начинает активно преобразовываться в глюкозу, а та — выбрасывается в кровоток, в результате чего уровень глюкозы в крови снова повышается. Согласован-

ная деятельность обоих гормонов обеспечивает содержание глюкозы в крови на постоянном уровне, допуская лишь незначительные колебания, на основании которых гипоталамус и регулирует чувство голода.

Но что же происходит, если в этом налаженном взаимодействии случается сбой?

Достаточно часто (даже слишком часто) организм теряет способность формировать инсулин в необходимом объеме. Склонность к этому нарушению метаболизма является наследственной, и возникающее в таком случае заболевание получило название «сахарный диабет».

Когда организму не хватает инсулина, ткани теряют способность поглощать глюкозу и ее уровень в крови возрастает до опасных значений. Однако клетки гипоталамуса, задача которых в том, чтобы определять этот уровень, без инсулина сами тоже поглощают очень мало глюкозы и, соответственно, воспринимают ситуацию так, как будто глюкозы в крови мало, то есть включают чувство голода. Поэтому диабетик всегда голоден и, если не будет себя контролировать, будет переедать. Правда, при этом он все равно будет терять вес, так как эффективно использовать получаемую из пищи глюкозу все равно не

сможет.

А что же второй гормон, регулирующий уровень глюкозы, — глюкагон? Имеются сведения, что инъекция глюкагона приводит к повышению уровня глюкозы и сразу же вслед за этим — к потере аппетита. Эти факты вполне соответствуют предположениям Майер.

Возникают вопросы, один интереснее другого. Может ли быть так, что снижение способности организма вырабатывать глюкагон приводит к тому, что уровень глюкозы в крови всегда будет слишком низким, а следовательно, аппетит — завышенным? Не страдают ли излишне полные люди на самом деле от низкого уровня глюкагона? Является ли склонность вырабатывать слишком мало глюкагона наследственной?

Если все вышеперечисленное верно, то не может ли быть так, что проблемы с управлением выработкой инсулина в организме начинаются тогда, когда гормон-антагонист, глюкагон, уже вырабатывается со сбоями? Не потому ли толстяки более предрасположены к диабету, чем люди с нормальным весом? И нельзя ли контролировать ожирение с помощью введения гормонов, как сейчас контролируют диабет?

Ответы на все эти вопросы пока что неизвест-

ны. Но, каковы бы они в итоге ни были, глупо и бесполезно считать толстяков безвольными, психически неуравновешенными или просто прожорливыми. Брань, запугивание или анализ сновидений очень редко помогают им, разве что на время. Даже если в каких-то конкретных пунктах теория Майер и окажется неверной, почти наверняка можно сказать, что в целом в основе полноты все же лежит некий физиологический механизм, который в конце концов будет открыт и изучен во всех подробностях. Когда это произойдет, можно будет разработать рациональную гормонотерапию и излишний вес станет возможным лечить, как любую другую физическую болезнь. Но что же делать до тех пор?

Выход есть. Желающим похудеть надо уяснить главное — следует запастись терпением. Полностью расслабиться им уже никогда не удастся, и раз уж им приходится сдвигать бегунок регулятора своего аппетита вручную, то лучше делать это мягко и плавно.

Конечно, можно сесть на строгую диету или удариться в спорт, чтобы удивить друзей и порадовать себя быстрым успехом. Но как только искусственное давление на аппетит ослабеет, рано или поздно (чаще всего рано) организм вос-

становит привычный режим поглощения пищи.

Лучше есть всегда чуть меньше, чем хочется, но важно делать это постоянно. Плюс к этому чуть больше, чем хочется, заниматься спортом или иной физической активностью, и тоже постоянно. Получая каждый день чуть меньше калорий, а затрачивая чуть больше, человек будет потихоньку, медленно, но верно, терять в весе без лишних страданий. Долгосрочные результаты в этом случае будут гораздо лучше, ведь такие плавные изменения приведут к тому, что работать с аппетитом будет становиться все легче.

Имеются результаты как минимум одного долгосрочного исследования, свидетельствующие о том, что если некогда страдавший излишним весом человек сможет удерживать нормальный вес на протяжении от полугода до года, то, скорее всего, ему это удастся и дольше. Кажется, что достаточно долгое и плавное «ручное» воздействие на ручку регулирования аппетита приводит к тому, что его настройки в конце концов устанавливаются на более низкие значения.

Наберитесь терпения. Выиграть эту гонку можно лишь медленными, но постоянными усилиями.

Примечание. Когда я писал вышеприведенную

главу, у меня у самого было около двадцати килограммов лишнего веса, и мне это совершенно не мешало. Состояние собственного здоровья казалось мне превосходным, ни диабета, ни расстройств сердечно-сосудистой системы ничего не предвещало. Более того, я был полон энергии, у меня всегда было хорошее настроение, в общем — никто не мог привести мне причину, по которой стоило бы ограничивать себя во вкусной еде.

Но, написав эту главу, я задумался. Моим близким удалось убедить меня попробовать применить собственные увещевания на себе самом. В конце концов я обнаружил, что пятнадцать килограммов действительно удалось сбросить. С тех пор я без особых усилий удерживаю достигнутый вес на протяжении уже двух лет. Конечно, мне приходится для этого сидеть на диете — в том смысле, что я ем уже не столько, сколько в те беззаботные дни, но это дается мне без труда.

Да, пять лишних килограммов все же остались со мной. Что ж, теперь, переработав главу второй раз, я, может быть, наберусь решимости и попробую избавиться и от них.

Глава 4
КРОВЬ ПОДСКАЖЕТ

В венах каждого из нас находится персональная энциклопедия, которую врачи и биохимики лишь постепенно учатся читать. Они все еще корпят над наиболее непонятными абзацами, но того, что они уже сумели распознать, оказалось достаточно, чтобы продлить жизнь множеству людей.

В старину была такая поговорка: «кровь подскажет». Жизнь показала полную несостоятельность этой народной мудрости в ее первоначальном смысле, поскольку оказалось, что все те качества, которые должна была, по идее, «подсказывать кровь» — честность, храбрость, хорошие манеры, ну, или противоположные им, — определяются средой и воспитанием, никоим образом не являясь наследственными.

И лишь на заре XX века началось изучение той информации, которую кровь несет в себе на самом деле. И выяснилось, что кровь действительно может «подсказывать» — но только тогда, когда ей задают правильные вопросы.

В 1901 году было установлено, что существует четыре основные группы крови. Внешних отличий между кровью различных групп не существует; определить группу крови человека по внешности или по результатам изучения любой другой составляющей его организма, кроме самой крови, невозможно.

Разница же оказалась в следующем: при смешивании образцов крови, принадлежащих к разным группам, красные кровяные тельца одной из них слипаются вместе, образуя аморфную массу. При смешивании образцов крови, принадлежащих к одной и той же группе, такого никогда не происходит. В лабораторных условиях это выглядит, конечно, интересно; в организме же живого человека такая реакция оказывается смертоносной, поскольку слипшиеся комки красных кровяных телец забивают жизненно важные сосуды почек, печени, сердца, мозга…

Так, наконец, было получено удовлетворительное объяснение тому разнообразию результатов, которое сопутствовало попыткам переливания крови, имевшим место ранее XX века. На протяжении всей истории человечества врачам периодически приходило в голову восполнить смертельную кровопотерю своего пациента

путем переливания крови от другого человека. Иногда эта процедура приводила к спасению больного, чаще — к его смерти.

В XX веке переливание крови превратилось в безопасную и общераспространенную процедуру. Для этого оказалось необходимым выполнение всего тишь одного условия — чтобы донор и реципиент принадлежали к одной группе крови или, в крайнем случае, чтобы группа крови донора входила в список совместимых с группой крови реципиента.

Группа крови — наследственный признак, передающийся по определенной закономерности, так что кровь может не только «подсказать», допустимо ли в данном случае ее переливание, но и немного рассказать о родственных связях.

Например, у отца и матери, имеющих группу крови A (II), не может родиться ребенок с группой крови B (III).

Если обнаруживается, что группа крови их ребенка — все же B (III), то одно из двух: либо младенца случайно подменили в роддоме, либо его настоящий отец — совсем другой мужчина. Многочисленные родственники в таком случае могут дружно и страстно заверять, что у ребенка нос и подбородок точь-в-точь как у отца, но это

все уже ничего не значит. Даже если нос и подбородок действительно похожи — это не более чем совпадение. В таком случае кровь подсказывает со стопроцентной точностью, и тут уж ничего не поделаешь. Остается только надеяться, что в лаборатории что-то напутали с анализами.

Кровь таит в себе сведения о родственных отношениях и более широкого характера. К примеру, такой фактор группы крови, как отрицательный резус-фактор (Rh-), в достаточной степени распространен среди европейцев и их потомков, обитающих на других континентах. А в крови аборигенов Азии, Африки, Австралии и Америки он практически не встречается.

В самой же Европе концентрация обладателей отрицательного резус-фактора выше всего среди басков, проживающих в Испанских Пиренеях, — там доля носителей этого фактора составляет около трети всего населения. Возможно, баски являются наиболее чистыми современными представителями «древнеевропейского» населения, которое впоследствии по всей Европе тысячелетиями разбавлялось пришельцами из Азии и Северной Африки.

Предположение о том, что баски — последние представители праевропейцев, косвенно

подтверждается и тем фактом, что их язык не является родственным ни одному языку на Земле.

Отслеживая изменение соотношения различных групп крови у населения по мере передвижения по земному шару, ученые пытались составить карту массовых миграций прошлого. Группа крови В постепенно исчезает по мере передвижения по Европе с востока на запад, от Уральских гор до Атлантического океана; возможно, что таким образом отмечены волны нашествий азиатских захватчиков — гуннов, монголов и прочих, поскольку самая высокая на Земле концентрация населения с группой крови В наблюдается в Центральной Азии. По группам крови населения можно также отследить нашествия австралийцев на север и японцев — на запад.

Пытаться отслеживать все это только по четырем основным группам крови очень сложно — все четыре имеют очень широкое распространение, и соотношения их не очень сильно меняются от региона к региону.

К счастью, за последние полвека было открыто множество дополнительных групп крови. Количество возможных сочетаний этих типов в крови одного отдельно взятого человека составляет 1

152 900 000 000 000 000 даже с учетом того, что некоторые из них являются крайне малораспространенными.

Эта огромная цифра в 400 миллионов раз превышает численность всего населения земного шара. Поэтому вполне вероятно, что если бы существовала лаборатория, где можно было бы протестировать кровь на наличие каждой из известных науке групп крови (а таких лабораторий в мире, к сожалению, нет), то в ней могли бы отличить кровь любого человека от крови любого другого (за исключением разве что однояйцовых близнецов).

Так что, возможно, каждый из нас все время носит с собой визитную карточку. Если полностью типировать вашу кровь, то любой сотрудник лаборатории, произведя соответствующие анализы, сможет сказать: «Я уверен, это кровь Джона Ду!»

С помощью подробного анализа можно будет раз и навсегда выяснить любые родственные отношения — от установления отцовства до вычерчивания маршрутов блуждания полинезийцев или пути попадания индейцев в Америку.

Однако интересующимся такими маршрутами антропологам следует поторопиться. С появлением автомобилей народы стали переме-

шиваться гораздо быстрее, а сейчас, с массовым использованием пассажирской авиации, и океаны перестали быть серьезной преградой для смешивания различных кровей. Если тенденция окажется стойкой, то уже через несколько поколений нельзя будет толком проследить никакие миграции прошлого.

В целом все вышеизложенное говорит о том, что кровь может, по крайней мере теоретически, поведать нам о том, кто мы такие.

Интересно, можем ли мы извлечь из нее другие сведения о себе? Например, о том, здоровы мы или больны, если больны — то чем и насколько серьезно. Или, еще лучше, можно ли по анализу крови предсказать, когда и чем нам еще только предстоит заболеть?

Да, по крайней мере теоретически, кровь может нам все это рассказать. На правильно заданный вопрос она всегда даст точный ответ.

И дело тут не в праздном любопытстве — стремление заглянуть в предсказывающий будущее хрустальный шар является одним из сильнейших желаний человека. Все мы становимся жертвами болезней, и чем больше мы знаем о них, тем проще нам с ними бороться — замедлять ход их течения, выздоравливать, а лучше всего предот-

вратить сам факт заболевания.

Известно, что чем раньше диагностировано заболевание, тем легче его лечить. Любое достаточно далеко зашедшее заболевание проявляется в виде симптомов, или его никто не признал бы за болезнь. Но организм ведь борется с недугом с самого начала, и если уж дошло до симптомов — значит, битва уже в значительной степени проиграна, по крайней мере на данном этапе. Следовательно, лучше всего результат лечения будет в том случае, если с болезнью начать бороться задолго до того, как симптомы станут заметны невооруженным глазом.

Любая деятельность организма, хоть здорового, хоть больного, отражается в сложном химическом составе крови. Давайте рассмотрим это положение на примере диабета.

Диабетик, чья болезнь зашла уже достаточно далеко, теряет в весе, хотя и ест очень много (см. главу 3); он много пьет и много мочится. Его мучают зуд, нарывы и ряд других, более серьезных, хоть и менее заметных, расстройств. К этому моменту дела большого уже очень плохи, он практически неизлечим.

Причина диабета — в нехватке одного определенного гормона, инсулина. Инсулин управляет

уровни в крови глюкозы — одного из видов сахара. По мере уменьшения в крови инсулина концентрация глюкозы возрастает до тех пор, пока глюкоза не начинает попадать даже в мочу. Наличие глюкозы в моче позволяет диагностировать диабет на той стадии, когда больного еще можно спасти.

Но для того, чтобы он мог продолжать комфортную жизнь, эта стадия болезни все равно является уже слишком запущенной. Можно брать на анализ саму кровь и проверять, не является ли концентрация глюкозы в ней повышенной, пусть и не настолько, чтобы глюкоза попадала в мочу. Или, более того, можно «проверить на прочность» те участки биохимии организма, которые отвечают за концентрацию глюкозы. Тогда сразу станет ясно, дадут ли системы контроля уровня глюкозы в организме сбой в случае повышенной нагрузки, даже если в нормальной ситуации все показатели пока в норме. Таким образом можно диагностировать диабет на самой ранней стадии.

Такой анализ называется «сахарная проба». Обследуемому дают выпить большую дозу раствора глюкозы и берут анализ крови до этого и несколько раз после.

Глюкоза быстро всасывается через кишечник и выбрасывается в кровь. В результате концентрация глюкозы в крови, естественно, резко возрастает. Ответной реакцией организма на возросший уровень глюкозы является повышение выработки инсулина, с помощью которого концентрация глюкозы быстро приводится в норму. У здорового человека концентрация глюкозы составляет около 100 миллиграммов на 100 миллилитров крови. Через сорок пять минут после приема глюкозы эта цифра возрастает до 200, но еще час спустя снова опускается до 100.

Если же показатель сначала поднимается гораздо выше 200, а затем возвращается к норме в течение нескольких часов, то это значит, что организм не справляется с задачей по выработке инсулина в достаточных количествах, и высока вероятность того, что у обследуемого развивается диабет. В случае, когда болезнь удается диагностировать на столь ранней стадии, с помощью правильной диеты и системы физических упражнений человек может неопределенно долго избегать дальнейшего развития заболевания. До необходимости в инъекциях инсулина в таком случае может никогда и не дойти.

Рассмотрим другой пример — деятельность

щитовидной железы, управляющей скоростью всех процессов биохимии организма. Этот показатель называется «интенсивность основного обмена». До последних нескольких лет ее определяли, заставляя обследуемого дышать, вдыхая кислород из камеры, поскольку приближенное значение интенсивности основного обмена можно высчитать, исходя из объема потребления кислорода. Однако щитовидная железа вырабатывает определенные гормоны, управляющие интенсивностью обмена. В этих гормонах содержатся атомы йода, которые в составе белков крови переносятся от щитовидной железы к другим органам. После того как был разработан метод тестирования на «белково-связанный йод», долгий и не очень точный кислородный тест отошел в прошлое. Теперь стоит взять лишь каплю крови на анализ, и все становится ясно.

Заболевания почек, как и диабет, диагностировать легко лишь на последних стадиях. Необходимо было что-то придумать, чтобы облегчить раннюю диагностику. Главной функцией почек является фильтрация отходов из крови, а основным отходом организма является мочевина. Соответственно, несложно измерить концентрацию мочевины в крови, и если обнаруживается,

что она выше нормы, то вполне вероятно, что почки потихоньку перестают справляться со своей работой.

Печень — это самая главная химическая фабрика в организме, и жизненно необходимо, чтобы она работала без перебоев. Но все производимые ею вещества распространяются по тканям организма только с потоками крови, так что по концентрации этих веществ в крови тоже можно установить, не возникло ли каких-либо проблем в работе печени. Возьмем, к примеру, желтуху — болезнь, при которой в крови сверх нормы увеличивается концентрация желто-зеленого пигмента билирубина. Причиной тому может быть проблема с красными кровяными тельцами, которые начинают слишком быстро распадаться, образовывая при этом большие количества билирубина. А может оказаться всему виной и печень, если она начнет вдруг вместо выделения билирубина в кишечник выделять его в кровь. Произведя два различных анализа на билирубин, биохимик сразу же увидит, где проблема — в крови или в печени.

Кровь — это открытая книга, но написана она чрезвычайно сложным языком. Биохимики могут выделить из крови каждое из многих де-

сятков веществ, а по концентрации многих из них диагностировать некоторые заболевания. Так, повышение уровня белка серумамилазы может свидетельствовать о приближающемся панкреатите; повышение концентрации другого белка, алкалинфосфатазы, — о наступающем раке костей; а слишком большое количество кислой фосфатазы — о раке простаты. Превышение концентрации белка трансаминазы может указывать на проблемы с сердцем, а повышение уровня жирных веществ — на вероятность развития атеросклероза. Таких примеров можно привести десятки.

Нет ни одного теста, который четко указывал бы на одно конкретное заболевание, но каждый тест сужает поле поиска, и с помощью комбинации тестов его можно сузить вполне значительно. Врач получает ясное направление работы, и это тогда, когда еще ни один симптом не получил возможности развиться и когда еще очень высоки шансы на полное выздоровление больного или хотя бы на предотвращение дальнейшего прогресса болезни.

Что ждет нас в будущем? Есть все основания полагать, что ценность крови, как инструмента диагностики, будет только возрастать. После Вто-

рой мировой войны постоянно разрабатывались все новые и новые технологии, позволяющие анализировать все более сложные смеси со все большей точностью. С каждым годом мы все точнее можем разлагать кровь на составляющие.

Но далеко не любое отклонение от среднестатистических показателей является патологией. Взять хотя бы те же группы крови. Насколько известно, обладатель группы А так же нормален, как и обладатель группы В, способен прожить столько же и вести столь же здоровую жизнь. Но все же между ними налицо различие, которое нельзя не учитывать, например, при переливании крови.

Могут существовать и другие подобные отличия, не выходящие за пределы нормы, но тем не менее требующие учета.

Вот пример: одной из самых важных функций крови является снабжение различных клеток веществами, необходимыми для построения живой ткани. Основными из них являются двадцать два родственных между собой вещества, объединяемые под названием «аминокислоты». Они могут встречаться как самостоятельно, так и в составе огромных молекул — белков. Состав аминокислот в крови конкретного человека мо-

жет иметь очень важное значение в лечебном процессе (см. главу 5).

Так что, возможно, в следующем столетии биохимия человека будет полностью индивидуализирована. Кровь человека станет не просто его визитной карточкой, а «личным делом» с записями обо всем его прошлом, настоящем и будущем.

Шерлок Холмс будущего должен будет заниматься анализом крови. И действительно, вполне можно представить, что по капле крови можно будет предсказать будущее не хуже, чем по игральной карте из колоды. Только кровь, в отличие от карты, будет не туманно предрекать «дорогу дальнюю» или «казенный дом», а вполне конкретно предписывать диету, предостерегать о грозящих опасностях и извещать о легких неполадках в биохимии организма, которые могут перерасти в серьезные проблемы, если им вовремя не придать значения. К тому времени как у вас появятся внуки, информации, получаемой из капли крови, будет достаточно, чтобы они прожили долгую и здоровую жизнь.

Глава 5

ВАШЕ ХИМИЧЕСКОЕ «Я»

Для нас само собой разумеется, что не существует двух полностью одинаковых людей. Ребенок без труда узнает свою маму, а молодой человек страстно заверяет свою возлюбленную, что никто в мире не сравнится с ней. Даже между однояйцовыми близнецами есть какие-то минимальные различия. Зрение человека способно улавливать массу индивидуальных различий; то же самое можно сказать и об обонянии собаки. Но поэты утверждают, что взгляд не способен проникнуть вглубь дальше кожи, а телереклама говорит то же самое и о запахе.

Так можем ли мы проникнуть глубже? Существуют ли такие же индивидуальные различия и во внутреннем функционировании организма, столь же очевидные холодному и беспристрастному химическому анализу? Да, конечно, все мы используем для переноски кислорода гемоглобин, а для производства энергии — одни и те же ферменты; у всех у нас есть легкие, сердце и почки. Все мы можем питаться одной и той же пищей, страдать одними и теми же болезнями, и все мы в итоге умрем. Но есть еще кое-что.

В предыдущей главе мы рассуждали о роли

крови в отображении химической индивидуальности человека — теперь пора продвинуться еще дальше.

В течение первых пары десятилетий XX века английский врач Арчибальд Гаррод занимался изучением обмена веществ у людей, а именно исследованием последовательности химических реакций, с помощью которых организм разлагает пищу для получения энергии и построения тканей. Ему попадались случаи, когда организм человека оказывался лишенным способности осуществлять ту или иную реакцию — всего одну, но результаты зачастую становились плачевными (подобные примеры уже приводились выше).

Такие химические отклонения являются врожденными. Весь инструментарий для своей биохимической деятельности, полный или дефектный, человек получает с рождения (хотя в некоторых случаях дефект сказывается гораздо позже). Гаррод назвал отклонения от нормы «врожденными дефектами обмена веществ».

Разумеется, легче всего распознать те дефекты, которые приводят к развитию серьезных заболеваний, таких как диабет (см. главу 4), или имеют заметные внешние симптомы (пример — алкаптонурия, сравнительно безвредное забо-

левание, при котором моча в некоторых случаях становится черной).

Понимая, что внутриклеточные химические механизмы в высшей степени сложны, Гаррод выдвинул вполне логичное предположение, что могут существовать и такие отклонения, которые не приводят к появлению опасных или заметных внешних симптомов; иными словами, метаболизм каждого отдельного человека может иметь некие минимальные отличия от метаболизма любого другого человека, не являющиеся ни преимуществом, ни недостатком. С этой точки зрения каждый из нас уникален не только внешне, но и внутренне.

Вот смотрите. Организм умеет вырабатывать особые защитные белки (антитела), которые вступают в реакцию с чужеродными молекулами и нейтрализуют их. Это один из лучших способов защиты от вторгающихся в организм бактерий и вирусов. После того как у человека один раз выработались антитела против вируса кори, в дальнейшем эта болезнь ему уже не страшна — у него формируется иммунитет против нее. Вакцина Сэбина стимулирует организм вырабатывать антитела против вируса полиомиелита путем введения самого этого вируса, но только в такой

форме, которая не может привести непосредственно к развитию заболевания. Таким образом, организм приобретает иммунитет, не рискуя при этом заболеть полиомиелитом по-настоящему.

Механизм выработки иммунитета имеет и обратную сторону — иногда случается так, что организм формирует чувствительность и к совершенно безвредным инородным веществам, например к некоторым видам цветочной пыльцы или пищи. Такой «ошибочно сформированный» иммунитет называется аллергией.

Каждое определенное антитело четко различает все чужеродные вещества между собой (к примеру, белок утиного и куриного яйца), даже в тех случаях, когда и химику разница между ними неочевидна. И тем более все антитела способны отличать чужеродные вещества от молекул, свойственных самому организму.

Раз антитело может отличать один белок от другого, значит, между ними имеются какие-то различия. Если это так, то получается, что белки каждого человека на земле должны отличаться от белков каждого из остальных людей (за исключением случая однояйцовых близнецов). Косвенным доказательством тому является тот факт, что пересаженный участок кожи может

прижиться лишь в том случае, когда он взят с тела самого больного или с тела его однояйцового близнеца, если больному посчастливилось такого близнеца иметь.

Белки кожи любого другого человека организм больного распознает как чужеродные и начнет формировать против них антитела. Эти антитела не дадут трансплантату прижиться, отстояв, таким образом, химическую индивидуальность больного — правда, в данном случае ценой угрозы для его же здоровья.

До сих пор все чудеса медицины достигались путем методов «массированных атак», а научная медицина искала средства, которые подходили бы всем и каждому. Аспирин утоляет боль практически у всех, пенициллин практически всегда останавливает рост определенных бактерий в организме любого человека. Так что врач может всем и каждому прописывать эти лекарства — с оглядкой, разумеется, на редкие случаи гиперчувствительности к ним незначительного меньшинства людей.

Однако по мере накопления знаний к таким «универсальным» терапевтическим методам прибавятся и более тонкие, основанные на индивидуальных потребностях организма каждого.

Врачам придется признать, что у человека имеется не только психологическое и биологическое «я», но и химическое тоже.

Несомненно, первые шаги в этом направлении будут связаны с белками. В конце концов, большую часть веществ, вызывающих формирование антител, представляют собой белки, и сами антитела тоже являются белками. Очевидно, что присутствующие в организме белки немного различаются между собой, и для того, чтобы извлечь из этих различий преимущества, организм может формировать особые, дополнительные белки.

О каких же различиях идет речь? Начнем с того, что белки состоят из крупных молекул. Даже средняя по размеру белковая молекула имеет в своем составе около 400 000 атомов. Для сравнения упомянем, что молекула воды состоит из трех атомов, а молекула сахара, который мы употребляем в пищу, — из 45.

В составе белковой молекулы атомы расположены по блокам, именуемым аминокислотами, в каждый из которых входит от 10 до 30 атомов. Аминокислоты, скрепленные последовательно, как бусы на ниточке, и составляют молекулу белка.

В общем все аминокислоты построены практи-

чески одинаково, разница между ними — лишь в деталях. Каждый конкретный белок состоит из аминокислот 15-22 различных видов, объединенных в цепочку, в которой всего могут оказаться тысячи аминокислотных молекул.

Естественно, если два белка состоят из разного количества аминокислот, то они уже различаются между собой, и антитела используют это различие. Точно так же понятно, что даже если два белка состоят из одинакового количества аминокислот, но количественные соотношения различных видов аминокислот в их составе различаются, то этого тоже достаточно, чтобы один белок четко отличался от другого.

Интересно, что даже если два белка состоят из одного и того же количества аминокислот и процентное соотношение аминокислот разных видов в их составе тоже одинаково, они все еще могут отличаться друг от друга за счет различий в порядке нахождения аминокислот в цепочке. Ведь если взять ожерелье из 20 бусин — пяти красных, пяти желтых, пяти синих и пяти зеленых, — то путем перестановки бусин на нитке можно получить 12 миллиардов различных комбинаций.

А строение белков еще сложнее. В состав сред-

него белка входит не 20, а более 500 аминокислот, а самих аминокислот не четыре, а 20 видов. И для того, чтобы записать число возможных комбинаций аминокислот в молекуле белка среднего размера, потребуется цифра более чем с шестью сотнями нулей.

Так что понятно, что конечно же у каждого человека вполне могут иметься собственные белки, отличающиеся от белков любого другого человека. Вполне возможно, что не только у каждого из ныне живущих людей, но и у каждого из когда-либо живших на Земле млекопитающих состав белков, а с ним — и вся внутренняя биохимия, имел строго индивидуальный характер.

Что ж, если белки в организме каждого живого существа имеют индивидуальное строение, а к чужеродным белкам организм болезненно чувствителен, то как же мы вообще едим пищу? К счастью, пища попадает в наш организм не в первозданном виде. Она сперва оказывается в пищеварительном тракте, где претерпевает определенные изменения. И лишь после этого она всасывается сквозь стенки кишечника и попадает, таким образом, собственно в организм.

В процессе переваривания пищи белки расщепляются на отдельные аминокислоты и в организм

попадают именно они. Если бы в организм попало хоть малейшее количество самого белка, тут же началась бы иммунная реакция, которую мы назвали бы аллергией. Аминокислоты же совершенно безопасны.

Из части полученных аминокислот организм уже сам строит белки собственного образца, формируя из них собственные ткани, а другую часть — расщепляет для получения энергии. Естественно, при построении собственных белков аминокислоты используются в пропорциях, свойственных самому организму, а не в тех, в которых эти же аминокислоты использовались в белках, входивших в состав переваренной пищи. К счастью, организм способен справляться с такой диспропорцией за счет умения переделывать одни аминокислоты в другие. Из аминокислот, полученных в избытке, он достраивает недостающее количество аминокислот другого вида.

Правда, эта способность организма ограниченна. Около ста лет назад было обнаружено, что если крыс кормить только зерном в качестве единственного источника белка, то они умирают. А вот если к зерну добавить небольшое количество молочного белка, то крысы нормально живут на такой диете. Объяснение этому факту

нашли в том, что в белке, получаемом из зерна, отсутствует аминокислота триптофан, в большом количестве содержащаяся в молочном белке. Очевидно, формировать триптофан из других белков организм крыс оказался не в состоянии, и отсутствие этой необходимой тканям аминокислоты приводило к смерти животного.

В 1930-х годах американский биохимик Уильям С. Роуз провел ряд экспериментов на студентах своего университета и установил, что существует восемь аминокислот, которые организм человека не способен производить самостоятельно. Он назвал их «необходимыми» аминокислотами, поскольку присутствие этих веществ в пище является необходимым условием для здоровья.

При достаточно разнообразном питании вряд ли кто-нибудь из нас будет всерьез страдать от недостатка необходимых аминокислот. Некоторый дискомфорт можно испытывать только в том случае, если мы сами, намеренно или неосознанно, выбираем себе ограниченную диету, которая оказывается бедна той или иной необходимой аминокислотой.

Диетологи хорошо умеют анализировать пищу на аминокислотный состав; им известны среднесуточные нормы потребления всех ами-

нокислот. Подробно рассмотрев любую диету, можно понять, каких аминокислот в ней не хватает и как восполнить их нехватку с помощью введения в рацион дополнительных продуктов или таблеток. Это опять же решение «для всех», но возможен и более индивидуальный подход.

Существует достаточно простой способ измерить индивидуальные потребности человека. Организм производит белки для нужд собственных клеток; эти белки циркулируют в крови и имеют, предположительно, то же индивидуальное процентное соотношение аминокислот, которое свойственно организму обследуемого в целом. Можно взять капельку крови на анализ и взять из содержащихся в ней белков «химические отпечатки пальцев» — индивидуальное соотношение аминокислот. Сравнив его с соотношением аминокислот в диете обследуемого, можно сделать ему уже индивидуальные предложения по желательным изменениям в питании.

Человеку, в чьей биохимии имеются врожденные нарушения, можно в таком случае предложить индивидуальное лечение, а не навязывать ему то же, что и всем. Если мыслить более масштабно, то такой подход можно распространить и на целые географические области, где

низкий уровень жизни населения препятствует полноценному питанию.

По мере возрастания медицинских и химических знаний, рано или поздно наступит тот день, когда обмен веществ каждого человека с раннего детства будет периодически подвергаться анализу и в центральном медицинском архиве будут храниться записи о каждом. И тогда врач вообще не будет лечить больного иначе, кроме как основываясь на предварительном изучении личного дела — разве что в экстренных случаях.

В конце концов, ведь к врачу за помощью обращается не все человечество в вашем лице — к нему обращаетесь лично вы, ваше химическое «я».

Глава 6
МОЛЕКУЛЫ: ВЫЖИВАЕТ САМЫЙ ПРИСПОСОБЛЕННЫЙ

Как уже говорилось в предыдущей главе, благодаря своей сложной молекулярной структуре белки являются одним из важнейших ключей к химической индивидуальности человека. Одними из наиболее значимых белков являются различные ферменты, о которых я уже упоминал

в главе 1.

Так что неудивительно, что биохимики так активно взялись за изучение строения ферментов — и не без результатов.

Ферменты, как и все прочие белки, состоят из сравнительно простых структурных единиц — изаминокислот. Аминокислот существует около двадцати различных видов; в маленьких молекулах ферментов аминокислоты каждого вида представлены в количестве от двух до шести штук; в крупных молекулах ферментов — по нескольку десятков штук.

Биохимикам известно подробное строение каждой аминокислоты. Им в точности известно, каким образом одна аминокислота соединяется с другой для образования так называемой «пептидной цепочки». Поэтому для выяснения точной формулы белка необходимо установить, какие аминокислоты в нем представлены, по скольку аминокислот каждого вида и каков их порядок в пептидной цепочке.

Пептидную цепь можно подвергнуть гидролизу путем нагревания в растворе кислоты. В ходе этого процесса цепочка распадается на отдельные аминокислоты. Получившуюся смесь впоследствии можно подвергнуть анализу и подсчитать,

сколько молекул каждой из аминокислот присутствовало в цепочке.

Но этого мало. Нужно установить еще, в каком порядке эти аминокислоты были представлены в пептидной цепи. Количество возможных комбинаций огромно даже для простейших белков. Возьмем, к примеру, такой гормон, как окситоцин — одну из самых маленьких белковых молекул естественного происхождения. Его молекула представляет собой пептидную цепь, в которую входят аминокислоты всего восьми видов, причем каждый вид представлен всего одной аминокислотой. Однако и этого достаточно, чтобы обеспечить 80 220 возможных вариантов чередования аминокислот в пептидной цепочке.

А когда дело доходит до больших белковых молекул, то задача становится чрезвычайно сложной, но все-таки не безнадежной. Установить порядок аминокислот в длинной цепочке можно, разрубая ее на мелкие участки по две-три аминокислоты в каждом и выясняя порядок следования аминокислот по всем этим отрезкам. К 1953 году, например, описанным образом был полностью установлен порядок аминокислот в молекуле гормона инсулина (см. главу 4).

Инсулин стал первой белковой молекулой,

загадка строения которой была решена с помощью описанного алгоритма. Процесс решения занял восемь лет. Однако по мере дальнейшей разработки технологии срок, необходимый для разгадки строения крупных белков, становился все меньше. Так уже вскоре был установлен состав молекулы рибонуклеазы (фермента, который стимулирует распад рибонуклеиновой кислоты — той самой знаменитой РНК, о которой столько упоминалось в главе 2), которая представляет собой пептидную цепь из 124 аминокислот.

Процесс, путем которого рибонуклеаза (как и любой другой фермент) вызывает химическую реакцию, сам по себе настолько сложен и интересен, что заслуживает отдельного описания, чем я и займусь в следующей главе. Разумеется, как только химики установили точное строение молекулы фермента, их тотчас же заинтересовал вопрос о том, что же именно в этом строении придает молекуле ее потрясающую способность вызывать определенную химическую реакцию, в данном случае — распад РНК.

Химики осторожно начали работу в этом направлении, заменяя в рибонуклеазе то одну, то другую аминокислоту, стараясь понять, где же

в ней «активный элемент», какие же именно участки молекулы непосредственно задействованы в реакции. Оказалось, что даже минимальное изменение одних аминокислот приводит к потере работоспособности фермента, в то время как другие аминокислоты можно было изменять в довольно значительной степени без какого-либо эффекта. Ключевыми оказались аминокислоты 12 (принадлежащая к разновидности гистидин), 41 (лизин) и 119 (снова гистидин).

Кажется вполне вероятным, что, несмотря на то что эти аминокислоты довольно значительно отстоят друг от друга в цепочке, все три вместе представляют собой единый активный элемент. Ведь пептидная цепь — не прямой стальной прут, а скорее гибкая нить, которую можно сложить таким образом, чтобы звенья № 12, 41 и 119 оказались рядом. Тогда образуется что-то вроде устойчивого соединения из трех аминокислот.

В «сложенном» таким образом виде молекулу фермента удерживают особого вида связи между определенными группами атомов. Очень важна роль аминокислоты цистин в одной из подобных связей. Цистин — это в какой-то степени двойная молекула. Каждая половинка ее является сама по себе полноценной аминокислотой, а соединя-

ются между собой эти половинки посредством цепочки, в которую входят два атома серы (так называемый «дисульфидный мост»). Одна половинка молекулы цистина может входить в состав одной пептидной цепочки, а другая — другой. Таким образом, получается, что дисульфидный мост удерживает вместе не просто две половинки одной молекулы, а две отдельные пептидные цепочки (или два участка одной и той же цепочки).

В молекуле рибонуклеазы имеются четыре таких дисульфидных моста, связывающие различные участки пептидной цепочки. Помимо них, существуют еще и другие, более слабые виды дополнительных связей в молекуле, и все они вместе прочно удерживают пептидную цепочку в сложенном виде, благодаря чему в ней и складывается активный элемент.

Но если для формирования активного элемента в молекуле необходимыми являются лишь несколько присутствующих в ней аминокислот, то зачем нужна сотня с лишним остальных? Некоторые из причин уже очевидны.

Если рибонуклеазу разрубить на две части, скажем, по двадцатой аминокислоте, то ни одна из получившихся частей не будет работоспособна.

Но если смешать растворы обеих получившихся частей, работоспособность окажется в значительной степени восстановленной. Создается впечатление, что обе части молекулы обратно соединяются из смеси именно правильным образом, хотя могли бы соединяться бесчисленным количеством неправильных вариаций. Очевидно, в ферменте аминокислоты выстроены таким образом, что цепочка просто не может не складываться правильно, так чтобы необходимые для формирования активного элемента аминокислоты не оказывались рядом. Возможно, именно для «самостоятельного» складывания цепочки правильным образом и необходимо наличие такого большого количества соответствующих звеньев.

К чему же такие сложности? Зачем выстраивать длинную цепь просто ради того, чтобы наверняка обеспечить формирование активного элемента; не проще ли было бы просто объединить три необходимые аминокислоты в одну трехзвенную цепочку, а с остальными — распрощаться?

В первую очередь причина в том, что совершенно не нужно, чтобы фермент всегда был активен.

Возьмем для примера распространенные ферменты трипсин и химотрипсин. Это пище-

варительные ферменты, воздействующие на пищу в нашем кишечнике. Они обеспечивают расщепление белков пищи на короткие цепочки, которые затем будут расщеплены на аминокислоты и всосаны кишечником.

Такие ферменты являются составной частью сложной группы и должны выполнять свою работу только в нужный момент. Поэтому изначально они вырабатываются в неактивной форме, в которой известны под названием «трипсиноген» и «химотрипсиноген». Для того чтобы активизироваться, пептидные цепочки этих ферментов необходимо свернуть определенным образом, так чтобы образовался активный элемент. Однако сделать это непросто. Чтобы это произошло, необходимо разорвать пептидную цепочку в определенном месте. Тогда оставшаяся часть цепочки сама сворачивается правильным образом и получается активизированный фермент: химотрипсиноген превращается в химотрипсин, а трипсиноген — в трипсин.

Таким же образом и рибонуклеаза, которой необходимо правильным образом свернуться для образования активного элемента, сворачивается, по-видимому, не всегда, а только в определенных обстоятельствах. Соответственно, в зависимости

от потребностей организма она может иметь как активный, так и неактивный вид. Если бы вместо длинной рибонуклеазы вырабатывался один лишь ее активный элемент, фермент был бы активен всегда, а это не соответствует потребностям сложного и тонкого живого организма.

Давайте вернемся к только что упомянутым пищеварительным ферментам. Молекула трипсина состоит из 223 аминокислот, выстроенных в три пептидные цепочки, объединенные между собой цистиновыми мостами; молекула химотрипсина несколько крупнее. Аминокислотное строение обоих ферментов уже установлено.

Активные элементы трипсина и химотрипсина оказались одинаковыми, и в целом их строение наполовину совпадает. Неудивительно, что и действие обоих ферментов одинаково — оба они вызывают расщепление белковых молекул в ходе пищеварительного процесса.

Но есть в их строении и различия, благодаря которым трипсин крепится к белковым молекулам одним образом, а химотрипсин — другим. По отношению к собственному активному элементу оба фермента ориентированы по-разному и поэтому полными дубликатами друг друга не являются.

Из-за таких различий в ориентации трипсин расщепляет не все аминокислотные связи, а лишь некоторые из них, например ту, при которой задействован уже упомянутый мной лизин, или другая аминокислота — аргинин, в определенных аспектах похожая на лизин. Химотрипсин же расщепляет другие аминокислотные связи — те, в которых участвуют аминокислоты фенилаланин, тирозин и триптофан (их объединяет присутствие в структуре молекулы кольца из шести атомов углерода).

Несмотря на то что активные элементы трипсина и химотрипсина одинаковы, назначение остального тела этих молекул оказывается различным. Таким образом, с помощью наличия двух различных между собой ферментов организм получает дополнительную гибкость в управлении пищеварительными процессами, которой не имел бы, если бы вместо длинной пептидной цепочки фермент представлял бы собой единый активный элемент.

Сходство трипсина и химотрипсина наталкивает на мысль о наличии у них общего «молекулярного предка». А причиной наблюдаемых между ними различий является тот факт, что в процесс наследования способности формировать опре-

деленные ферменты иногда может вторгнуться искажение (так называемая «мутация»).

Понятие эволюции методом естественного отбора можно с равным успехом применить как к живым организмам в целом, так и к пептидным цепочкам. Если функционирование новой, формируемой под воздействием мутации пептидной цепочки оказывается неэффективным или отсутствующим вообще, то ее носитель умрет. Если же действие новой, мутировавшей пептидной цепочки окажется несколько отличающимся от действия старой или даже принципиально другим, но тоже полезным, то ее носитель выживет и, возможно, видоизменится сам. Среди молекул, как и среди живых организмов, тоже выживает наиболее приспособленный.

Более того, эволюция молекул может пролить свет и на эволюцию организмов. Недавно было изучено строение фермента цитохром С, участвующего в обработке тканями кислорода, у 13 видов живых существ, от человека до плесени. Оказалось, что около половины из 104-108 аминокислот этого белка присутствуют в организмах всех 13 видов в одинаковом порядке. Это еще одно свидетельство в пользу того, что все живое имеет общего предка.

Чем сильнее различаются между собой биологические виды живых существ, тем больше отличается и строение в их организмах соответствующего фермента. Молекула цитохрома С в организме человека лишь на одну аминокислоту отличается от аналогичной молекулы в организме макаки-резуса. А вот от молекулы цитохрома С тунца ученые нашли уже 21 отличие, а от молекулы из организма плесени — 48 отличий (хотя напомним, что функция цитохрома С в организмах всех перечисленных биологических видов одна и та же).

Несомненно, что если химикам удастся упростить и доработать свою технологию до такого состояния, когда станет возможным изучение множества ферментов у множества живых видов, то обнаруженные при этом различия помогут в подробностях раскрыть ход эволюции жизни на Земле.

Глава 7
ФЕРМЕНТЫ И ОБРАЗЫ

В одном из классических химических экспериментов, с которого часто начинается изучение общей химии в колледже, экспериментатор полу-

чает кислород путем разложения бертолетовой соли (в состав которой входят атомы кислорода). При проведении этого опыта необходимо четко соблюдать условия. Студент должен не просто нагреть бертолетову соль — необходимо сначала добавить двуокись марганца, в состав которой тоже входит кислород. Если этого не сделать, то бертолетову соль придется нагревать очень сильно, а выход кислорода все равно будет небольшим. При наличии же двуокиси марганца достаточно лишь немного нагреть смесь, и кислород начнет активно выделяться.

Необходимо объяснить студенту, что сам диоксид марганца при этом в реакции не участвует, хотя бы для того, чтобы студент не решил, что кислород выделяется из двуокиси марганца, а в осадок выпадает металлический марганец. Действие двуокиси марганца заключается только в ускорении каким-то образом распада бертолетовой соли. При этом сама двуокись марганца не потребляется — достаточно, чтобы она просто присутствовала. В данном случае двуокись марганца является катализатором реакции, а сам процесс, при котором одно вещество самим своим присутствием влияет на ход реакции других веществ, называется катализом.

Если ограничиться вышеприведенными сведениями (как часто делают), то новичок может сделать вывод и всю жизнь считать, что катализ — это такое чудо. Само признание того, что некое вещество может влиять на процесс без непосредственного вступления в него, одним своим присутствием, сразу порождает представление, что либо бертолетова соль каким-то мистическим образом чувствует присутствие двуокиси марганца и начинает вести себя по-другому, либо мы наблюдаем случай дистанционного воздействия (например, телекинеза) на бертолетову соль со стороны могущественной молекулы двуокиси марганца.

Излишняя таинственность в науке только помеха, ведь сама задача науки заключается в том, чтобы сделать Вселенную как можно менее таинственным местом. Если учесть, что стоит студенту заняться в будущем промышленной химией, и ему придется постоянно сталкиваться с катализируемыми реакциями, а если он изберет биохимию, то и здесь обязательно будет иметь дело с необходимыми белковыми катализаторами — ферментами, то понятно, что подобный налет таинственности совсем уж нежелателен.

Естественно, нет необходимости надолго пре-

рывать вводный курс химии ради подробного отклонения в область химии поверхностей с целью раскрыть завесу тайны катализа. Студенты все равно ничего не поймут, потому что у них еще нет соответствующей базы знаний, да это и не нужно. Достаточно просто отметить, что никакой тайны в катализе нет, а подробное объяснение подождет.

Чтобы устранить таинственность, нужно всего лишь привести студентам известные примеры того, как реакцию можно ускорить с помощью присутствия внешнего воздействия, — примеры, явно лишенные какой-либо мистики. Короче говоря, студент может быть не готов к объяснениям из области высшей химии, но он всегда готов к восприятию метафорического образа.

Если этот образ окажется достаточно наглядным, го студент запомнит его навсегда. Даже если он никогда не пойдет дальше базового курса химии, то хотя бы в одном аспекте химия лишится в его глазах мистического налета. Так совершится еще один вклад в рационалистическую систему мировоззрения человека, которая в итоге приводит к научному мышлению. Если же студент в дальнейшем перейдет к курсу высшей химии, то там катализу будет уделено особое внимание и

под него будет подведена точная теоретическая база, но, по крайней мере, изначальный подход у нашего студента уже будет правильным и он сможет воспринимать материал с большим доверием.

Так как же катализатор может повлиять на ход реакции самим своим присутствием? Какую аналогию такому феномену может предложить жизнь? Давайте возьмем в качестве аналогии скольжение кирпича по наклонной плоскости.

Давайте вместо распадающейся с высвобождением кислорода бертолетовой соли представим себе кирпич, скользящий вниз по слегка наклонной плоскости с высвобождением энергии. Оба процесса являются спонтанными, но и для первого и для второго необходим изначальный толчок. Бертолетову соль надо сначала нагреть; кирпич нужно подтолкнуть рукой.

Допустим, что наклонная доска, на которой лежит кирпич, имеет грубую поверхность и между ней и кирпичом возникает сильное трение. Тогда, несмотря на силу тяжести, воздействующую на кирпич, он остановится сразу же, как только его перестанут толкать рукой.

Теперь предположим, что и кирпич и доска покрыты тонким слоем льда. Теперь кирпич будет

скользить вниз гораздо легче, от самого слабого толчка, а то вообще сам по себе.

Но ведь лед не толкает кирпич, не усиливает силу тяжести, вообще не прилагает к кирпичу никаких усилий. Он сам по себе вообще ничего не делает. Он просто присутствует. Да и нужно-то его немного — лишь столько, чтобы покрыть тонким слоем соприкасающиеся части доски и кирпича. Причем в идеальном случае лед еще и не тратится в процессе скольжения. Когда кирпич уже соскользнул вниз, весь лед остается на месте — можно ставить на доску второй обледенелый кирпич, за ним — третий и т. д.

Катализатор определяют как вещество, способное ускорять химическую реакцию фактом своего присутствия в небольших количествах и не подвергающееся в результате реакции изменениям. Стоит убрать из определения слово «химическую», и мы увидим, что лед, покрывающий доску, является самым настоящим катализатором.

Можно привести и другую аналогию — с письменным столом. Представьте себе, что посреди пустыни стоит человек с карандашом и листом бумаги, а вокруг него — только мягкий пересыпающийся песок. Человек хочет что-то написать

на листе.

Писать он умеет, у него есть чем писать и на чем. Однако прочесть написанное им в таких условиях будет сложновато, а то и невозможно, а бумага в процессе написания практически неизбежно порвется.

Теперь представим себе, что вдруг под рукой у нашего писателя обнаруживается гладкий письменный стол из полированного дерева. Карандаш на полировке не пишет, но как разительно изменится при этом вся ситуация в целом!

Никаких дополнительных тайн письма человеку не открывается, инструмент его — карандаш — остается прежним, да и предмет, на котором он может писать, — все тот же лист бумаги.

Однако теперь текст получится ровный, четкий и понятный — и все благодаря письменному столу, который ускоряет и облегчает процесс самим фактом своего присутствия, при этом не претерпевая в процессе написания текста никаких изменений. И карандаш, и бумага в какой-то степени затрачиваются при написании текста, да и сам пишущий тратит на этот процесс некоторое количество калорий энергии, и только письменный стол не несет никаких потерь. В дальнейшем с его помощью можно осуществить

неограниченное количество подобных действий; короче говоря, он является полноценным катализатором.

Кстати, обе приведенные метафоры говорят еще об одном, о том, что катализ — это, как правило, феномен, связанный с поверхностью; о том, что для ускорения реакции (будь то скольжение кирпича, написание письма или распад бертолетовой соли) необходимо предоставить наилучшим образом подходящую для процесса поверхность.

Позже, уже в ходе более глубокого изучения предмета, студенту объяснят, что катализ ускоряет реакцию, никоим образом не сдвигая при этом точку равновесия. Предположим, к примеру, что у нас имеются вещества A и B, которые вступают в реакцию с образованием веществ C и D. Естественным образом эта реакция будет происходить лишь до определенного момента — она остановится по достижении системой равновесного состояния, то есть такого, когда все доли каждого из четырех веществ — A, B, C и D — в смеси достигнут определенного уровня. Присутствие катализатора лишь ускоряет ход реакции в том смысле, что равновесное положение достигается быстрее, но по его достижении

реакция точно так же останавливается.

Более того, если изначально взять C и D, то и они вступят между собой в реакцию с образованием A и B, — и эта реакция тоже будет протекать додостижения системой равновесного состояния. Интересно, что и ход такой обратной реакции можно ускорить с помощью того же самого катализатора.

Когда студента впервые в жизни ставят перед этим фактом, то наличие вещества, способного подталкивать реакцию в обоих направлениях, как будто обладая точным знанием о том, где именно находится точка равновесия, может показаться ему какой-то чертовщиной.

Однако несложно показать, что катализатор на самом деле подталкивает реакцию не в обоих направлениях, а только в одном — достаточно вернуться к метафоре с кирпичом на наклонной плоскости. Представим теперь, что поверхность, на которой лежит кирпич, — не ровная прямая, а что-то вроде параболы концами вверх, то есть самая низкая точка траектории движения кирпича находится не на одном из концов, а где-то между ними. Тогда если поверхность грубая и шершавая, то кирпич с обоих краев плоскости будет сползать к середине, но очень медленно,

а если покрыть поверхность слоем льда — то он легко соскользнет к одной и той же самой низкой точке, не важно, с какого из краев.

Если наблюдать за происходящим четко сверху, остановка кирпича всегда в одной и той же точке, ничем не отличающейся от других, при движении в любом направлении покажется явлением мистическим и таинственным. Однако стоит посмотреть сбоку, и станет ясно, что направление движения кирпича на самом деле всегда одно и то же — вниз, куда его тянет сила тяжести. Именно это движение вниз и ускоряет катализатор-лед.

Если обозначить, скажем, левый край поверхности, как смесь A и B, а правый — как смесь C и D, то любому студенту станет ясно, что лед, конечно, не занимается расчетами того, в каком направлении толкать кирпич. Он просто помогает кирпичу быстрее соскользнуть вниз.

Студентам наглядно будет показано, почему катализ обратимой реакции не приводит к сдвигу точки равновесия и почему ускорение реакции в том или ином направлении не подталкивает ее двигаться в том же направлении дальше. Очевидно ведь, что оттого, что кирпич и поверхность, по которой он скользит, покроют льдом,

процесс скольжения, конечно, ускорится, но на положение самой нижней точки поверхности это никак не повлияет, равно как и не заставит кирпич проскочить эту точку и застрять где-то посреди противоположного склона.

В программе более продвинутых курсов студенты узнают о существовании такой вещи, как химический потенциал, который можно рассматривать как в некотором отношении аналог известного нам с детства гравитационного потенциала, и на этом этапе познания когда-то обрисованный образ опять же сослужит им хорошую службу.

Но не стоит ограничивать область применения метафор лишь элементарными вещами. В конце концов будет объяснено, что эффект катализа достигается за счет снижения энергии активации. Иными словами, вещество, подвергающееся воздействию фермента, сначала вступает в некое нестабильное промежуточное соединение, из которого тут же образуется окончательный продукт. Формирование этого нестабильного промежуточного соединения требует приложения довольно большого объема энергии, а без его образования не получится и окончательного продукта (хотя он как раз и не является особенно

энергоемким веществом). Поэтому вся реакция не может проистекать быстрее, чем формируется промежуточное соединение.

Наличие же катализатора делает это промежуточное соединение более стабильным, что позволяет формировать его с приложением меньшего количества энергии, что ускоряет процесс образования этого соединения, а значит, и всей реакции.

Часто энергию активации (так называется энергия, необходимая для формирования промежуточного вещества) представляют в виде «порога» между исходными веществами и конечными продуктами реакции. Присутствие фермента снижает этот порог, соответственно облегчая массовый переход через него. Еще одну интересную метафору можно привести, если представить обратимую реакцию в виде шоссе, по которому в обе стороны мчатся автомобили, а энергию активации — в виде «лежащего полицейского»; однако эта метафора оставляет открытым вопрос, каким же именно образом наличие катализатора вдруг способствует снижению порога. Зато это можно наглядно продемонстрировать с помощью образа «завязывания шнурков».

Представим себе человека, который стоит

посреди необозримого грязного поля. У него развязался шнурок, и надо его завязать. При этом ему очень не хочется упасть в грязь. Пока наш герой стоит на обеих ногах, на одной из которых ботинок с развязанным шнурком, он находится в устойчивом положении и падение ему не грозит. Когда шнурок будет завязан, опасность падения окажется далеко позади.

Но вот сам процесс завязывания шнурка сопряжен с ослаблением равновесия. Для этого надо либо нагнуться, либо присесть на корточки, либо поднять ногу, то есть оказаться в рискованном положении, когда можно либо запачкать часть одежды, либо вообще упасть. Такая нестабильность промежуточного положения заставит нашего героя двигаться медленно и осторожно.

Если же под рукой у него окажется прочно стоящий на месте стул, на который можно будет усесться, ситуация радикальным образом изменится. Сидя на стуле, человек легко может поднять одну ногу, нисколько не теряя при этом равновесия. Быстро завязав шнурок, он встанет и пойдет по своим делам.

В описанном примере не только понятно, что стул — это катализатор (обратите внимание — опять его задача оказывается в том, чтобы

предоставить подходящую поверхность!), но и видно, что помогает он именно тем, что стабилизирует промежуточное состояние. Так мы можем наглядно продемонстрировать тезис о снижении энергетического порога.

Можно себе представить, что если шнурки необходимо завязать большому количеству людей, то с помощью стула, сидя на котором они будут делать это по очереди, весь процесс значительно ускорится. В таком случае можно будет говорить о том, как катализатор «стул» ускоряет «реакцию завязывания шнурков».

Когда студент впервые узнает о ферментах, эти катализаторы, так тесно связанные с самой жизнью, кажутся ему совершенно загадочными. Они имеют белковую природу, но при этом разделяют все фундаментальные свойства ферментов как таковых. Образы «кирпича на наклонной доске», «письменного стола» и «завязывания шнурков» справедливы по отношению к ним не меньше, чем по отношению к диоксиду марганца.

Но ферменты — более тонкая материя. Одно из главных отличий белковых катализаторов (ферментов) от минеральных — в том, что первые гораздо более специфичны. Зачастую один фермент может катализировать только одну

реакцию из бессчетного множества. Однако не стоит воспринимать это как необъяснимую загадку природы. Даже поверхностного знакомства со строением белков достаточно, чтобы понять, что из белковых молекул можно составить самые сложные поверхности путем перестановки аминокислот в белках. Кстати, если развить метафору о «завязывании шнурков», то можно очень хорошо показать преимущества именно строго специализированной поверхности.

Стул — он и есть стул, но и стулья бывают разные. Обычный кухонный стул вполне годится на роль катализатора для ускорения реакции завязывания шнурков. Но представьте себе стул, специально разработанный именно для этой цели, — с автоматизированными спинкой, подлокотниками и подножками. К примеру, когда человек садится на стул, замыкается контакт и одна из подножек вместе с ногой поднимается на нужную высоту, одновременно с этим спинка наклоняется чуть вперед, а подлокотники — вперед и вовнутрь, так чтобы кисти обеих рук оказались в одной точке со шнурками на надетом на ногу ботинке. Так за долю секунды, без каких-либо действий со своей стороны, сидящий окажется в идеальном положении для завязывания шнур-

ков; завязавший же шнурки выталкивается в сторону специальным рычагом — стул становится свободен для следующего пользователя.

Очевидно, что такое специально сконструированное кресло гораздо сильнее ускорит «реакцию завязывания шнурков», чем обычный кухонный стул. Оно еще более стабилизирует промежуточное положение. Однако в силу своей специализации такое кресло окажется неприменимым для любых других целей. Скажем, если молодой человек захочет посидеть в нем с любимой девушкой на коленях, то движение различных частей кресла его весьма удивит. Даже если сами движения рук, ног и спины покажутся ему лишь забавным сюрпризом, то завершающее выталкивание уж точно вряд ли понравится как ему самому, так и девушке.

Если же вы заходите посидеть в таком кресле просто для того, чтобы почитать газету, то тут же вскочите в раздражении сами еще до того, как вас выпихнет оттуда автоматически.

В обоих случаях в следующий раз такой желающий посидеть уже будет искать для своих целей либо стандартный стул, либо специально сконструированный уже непосредственно для его целей, скажем кресло-для-сидения-с-девушкой

или кресло-для-чтения-газет.

Короче говоря, специально сконструированное кресло (фермент) является одновременно и более эффективным, и более специализированным катализатором, чем «общий» катализатор (как правило, минерального происхождения). Эффективность и специализация, как правило, всегда идут рука об руку.

Для наглядности объяснения совсем не обязательно выдумывать воображаемые кресла. Можно ведь вспомнить и о стоматологическом или парикмахерском кресле, а то и об электрическом стуле. Если сравнить их все с обычным кухонным стулом, то сразу становится ясно, насколько специализированная поверхность может повысить эффективность действия.

Специализация вспоминается и тогда, когда речь заходит о конкурентном ингибировании (см. главу 2). Скажем, один фермент выборочно катализирует распад вещества А. Он не будет катализировать ни распад вещества В, ни распад похожего на А вещества А'; однако присутствие А' помешает нормальной работе фермента в отношении А, а присутствие В — нет.

В этом случае уместно воспользоваться самой распространенной метафорой, имеющей отно-

шение к ферментам, — образом «ключа и замка». Фермент, воздействующий на определенное вещество А, можно сравнить с замком, к которому это вещество А является ключом. Вещество В, совершенно не похожее на А, можно в таком случае уподобить другому ключу, который даже вставить нельзя в замок, предназначенный для А. Поэтому повлиять на замок с помощью ключа А нельзя никак.

Но вот вещество А', похожее на А, можно уподобить ключу, близкому к А по рисунку бороздок. Его уже можно в принципе вставить в замок. Правда, сами бороздки его отличаются от бороздок ключа А, так что повернуть замок с помощью этого ключа невозможно. Но ведь он уже занял замочную скважину! Пока он находится в ней, ключ А тоже не может открыть замок. Замок является временно заблокированным, а фермент, аналогию с которым мы проводим, называется в таком случае ингибированным.

Студенту предстоит узнать не только об отдельных ферментах, но и о группах ферментов. Придет день, когда он узнает, что некие входящие в состав организма вещества выделяют энергию путем попарного переноса атомов водорода от одного вещества к другому, пока в конечном итоге

они не окажутся присоединенными к кислороду с образованием воды. Большая часть высвобождаемой в процессе всех этих реакций энергии хранится в виде так называемых «высокоэнергетических фосфатных эфиров» — в процессе переноса каждой пары атомов водорода образуется в среднем три молекулы этих веществ.

Процесс переноса водорода похож на процесс передачи по цепочке ведер с водой на пожаре, и каждый шаг этого процесса катализируется отдельным ферментом.

Зачем же так сложно — много шагов, много ферментов? Не лучше ли было бы сразу соединить два атома водорода с кислородом с помощью одного-единственного фермента? Для ответа на этот вопрос мы используем еще одну метафору — образ лестницы.

Допустим, что некто хочет спуститься с шестого этажа на первый, а гравитационный потенциал, которого он неизбежно лишится в ходе такого спуска, сохранить путем заведения трех часов-ходиков. Для этого достаточно, проходя вниз мимо этих часов, взять рукой цепочку с гирями и вытягивать собственным весом ее по мере спускания по лестнице.

Если с шестого этажа на первый наш персонаж

будет спускаться через шесть лестничных пролетов (аналог схемы с несколькими ферментами), то он будет двигаться неторопливо, сможет спокойно ухватить нужную цепочку, проходя мимо, и плавно вытянуть ее, ничего не повредив в механизме часов.

Можно, конечно, спуститься и по-другому — перелезть через перила и спрыгнуть в лестничную шахту (аналог одношаговой системы). Предположим, что наш герой имеет хорошую спортивную подготовку и не разобьется — тогда он и на первый этаж быстрее попадет, и от гравитационного потенциала избавится так же наверняка, как и при спуске по лестнице. Но вот завести часы ему при этом вряд ли удастся. Высвободить энергию таким образом можно, а вот сохранить — нет.

И еще: спуск с шестого этажа на первый по лестнице — реакция обратимая. Подняться обратно через пять лестничных пролетов вполне возможно, затратив вполне допустимое количество энергии. А вот запрыгнуть одним махом с первого этажа на шестой не может, наверное, никто.

Точно таким же образом и реакция, проходящая в несколько шагов, на каждом из которых высвобождается не так много энергии, во-первых, позволяет сохранить выделяющуюся энергию,

а во-вторых, является гораздо легче обратимой, а значит, и более контролируемой организмом. Высвобождение большого количества энергии в один шаг хоть и проще, но не позволяет эффективно сохранять выделяемую энергию и крайне затрудняет обращение реакции вспять в случае необходимости.

Приведенные метафоры, скорее всего, не являются ни единственно возможными, ни даже самыми лучшими из возможных. Просто мне пришли в голову именно они. Важны не эти конкретные образы — важен сам принцип обучения через метафору. Ведь метафора как таковая тоже является катализатором — самим фактом своего присутствия, не изменяя самого научного содержания курса, она ускоряет процесс обучения и при этом не тратится, так что ее можно использовать сколько угодно.

Глава 8
ЩЕПОТКА ЖИЗНИ

Из предыдущей главы уже можно понять, что живая материя — тончайшее и сложнейшее явление, для постижения которого потребуется весь человеческий гений, а может быть, и его не

хватит. Так из чего же состоят живые существа, какой же материал делает возможным существование этого величайшего феномена — жизни?

Если человеческое тело разложить на атомы и посмотреть состав получившейся смеси, то сразу выяснится, что:

1) почти все атомы будут принадлежать к одному из не более чем полудюжины элементов;

2) в эти полдюжины войдут самые распространенные на Земле элементы.

Самую значительную часть тела человека составляет вода, а каждая молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Кроме воды, живой организм состоит по большей части из органических (то есть углеродосодержащих) веществ. Самые важные органические вещества — это белки, в состав которых входят атомы азота, водорода, кислорода и углерода.

Неорганических, то есть минеральных, веществ в организме человека больше всего в костях. Самыми распространенными в их составе атомами, помимо вышеперечисленных, являются кальций и фосфор.

Итак, атомно-пропорциональный состав человеческого организма из расчета на десять тысяч атомов можно представить так:

6300 атомов водорода,
2550 атомов кислорода,
940 атомов углерода,
140 атомов азота,
30 атомов кальция,
21 атом фосфора,
19 атомов других элементов.

Выглядит крайне банально. Кислород — это самый распространенный элемент на Земле. Кальций, углерод и фосфор тоже входят в дюжину самых распространенных элементов, по крайней мере в земной коре. Из водорода состоит большая часть океана, а из азота — большая часть атмосферы.

Но давайте на секунду отвлечемся от этих полудюжины атомов — они представляют собой основу жизни. Для чего же в таком случае нужны оставшиеся 19 из 10 000? Если 9981/10000 живого организма можно собрать из шести элементов, то так ли уж необходимы эти жалкие 19/10000?

Да, они необходимы. Природа — как хороший повар, который знает, что при готовке торта из муки, молока и яиц надо не забыть добавить по щепотке того и этого.

Давайте же рассмотрим поподробнее, что это за «дополнительные» элементы. Для этого рас-

считаем пропорции в более представительных масштабах — из расчета не на десять тысяч атомов, а на миллион. Среди них будет

998 100 атомов шести вышеперечисленных элементов,
570 атомов калия,
490 атомов серы,
410 атомов натрия,
260 атомов хлора,
130 атомов магния,
38 атомов железа,
2 атома других элементов.

Вот у нас и получилась вторая полудюжина. Эти элементы присутствуют в организме в объеме «средних щепоток». Каждый из них необходим для жизни.

Атомы серы — важная составляющая практически всех белков организма, без которых жизнедеятельность невозможна.

Натрий, калий и хлор присутствуют в организме в виде атомов, несущих электрический заряд (ионов), растворенных в жидкой среде организма. Ионы калия и натрия несут положительный заряд. Ион натрия встречается чаще всего в межклеточной жидкости, а ион калия

— во внутриклеточной. Ионы хлора несут отрицательный электрический заряд; их именуют также зачастую хлорид-ионами. Хлорид-ионы встречаются как во внутриклеточной, так и в межклеточной жидкости, уравновешивая таким образом положительные заряды как ионов натрия, так и ионов калия.

Помимо прочего, эти положительные ионы отвечают и за электрические явления организма. Изменения в распределении ионов натрия и калия внутри и снаружи нервных клеток приводят к возникновению слабых электрических токов, сопровождающих нервные импульсы. Без этих токов не будет и самих нервных импульсов, а без нервных импульсов не будет и самой жизни.

Около половины магния, содержащегося в организме человека, входит в состав костей. Остальной магний в виде положительно заряженных ионов растворен в жидкой среде. Магний участвует в энергетических реакциях организма. Небольшие объемы химической энергии передаются от одного соединения к другому, как правило с помощью вещества, известного под сокращенным названием АТФ (полностью расшифровывающимся как аденозинтрифосфат). Для каждой реакции с участием АТФ требуется

присутствие магния; таким образом, магний необходим для энергообмена, а значит, и для самой жизни.

В каждой молекуле гемоглобина содержится четыре атома железа. Гемоглобин — растворенное в крови вещество, подхватывающее в легких кислород и переносящее его ко всем остальным клеткам тела. Именно атом железа и является непосредственно задействованным в транспортировке, так что без железа жизнь невозможна.

На примере гемоглобина и АТФ легко понять, почему некоторые элементы требуются организму в совсем небольшом количестве. Каждая молекула гемоглобина переносит из легких к клеткам организма по четыре атома кислорода, а затем возвращается за новой порцией. Каждая молекула АТФ тоже передает только один пакет энергии, а затем видоизменяется таким образом, чтобы отправиться за следующим.

Вспомните, как строители по кирпичику возводят стену дома: ведь для строительства не требуется по отдельному рабочему для каждого кирпича! Один строитель может уложить миллион кирпичей, если будет работать достаточно долго. Даже если вам нужно уложить очень много кирпичей, для этого потребуется всего несколько

строителей.

Так же и здесь: организму требуется очень много кислорода, но для его переноски хватает небольшого количества атомов железа; энергии требуется тоже много, но с этой задачей справляется небольшое количество атомов магния, присутствующих в составе соответственно гемоглобина и АТФ.

Конечно, нам не во всех случаях известно, почему для той или иной работы используется именно тот или иной элемент. К примеру, почему именно ион магния? Почему в АТФ не может использоваться, к примеру, ион кальция (имеющий практически те же химические свойства)? Вопрос интересный, но ответа на него нет.

Аналогию со строителями можно использовать и дальше — применительно к другим элементам, тоже необходимым для жизни, но в еще меньших количествах, чем даже железо. Это так называемые «рассеянные элементы», или «микроэлементы».

Давайте теперь рассмотрим пропорциональный химический состав живого организма еще масштабнее — из расчета не на десять тысяч или миллион атомов, а на миллиард. Мы получим:

999 998 000 атомов вышеперечисленных эле-

ментов,
1500 атомов цинка,
170 атомов марганца,
170 атомов меди,
125 атомов фтора,
20 атомов йода,
10 атомов молибдена,
5 атомов кобальта.

Практически весь фтор в организме входит в состав зубов. Этот элемент в общем-то не является необходимым для жизни в строгом смысле — лишь для здоровья зубов. Все остальные же микроэлементы — да, жизненно необходимы.

Атомы йода входят в состав молекул гормонов щитовидной железы. Эти гормоны управляют скоростью производства и использования организмом энергии. Самого гормона требуется для этого очень мало — ведь одного крошечного термостата достаточно, чтобы управлять огромной печью. Йод необходим для производства гормона щитовидной железы, а значит, и для жизни.

Из всех жизненно необходимых элементов в природе йод встречается реже всех. Он требуется нам в крошечных количествах, но в почве многих регионов его все равно не хватает, а значит, не хватает и в выращенных на этой почве рас-

тениях и в мясе питающихся этими растениями животных. Поэтому бывает необходимо искусственно добавлять йод в городской водопровод и изготавливать йодированную поваренную соль.

Марганец, медь, цинк, молибден и кобальт входят в состав ферментов, необходимых организму для катализа той или иной реакции (см. предыдущую главу). Раз для жизнедеятельности необходимы сами ферменты, то необходимы и входящие в их состав элементы.

Вы можете удивиться: какую пользу организм вообще может получить от кобальта, если его всего пять атомов на миллиард?

Но давайте подумаем, пять атомов на миллиард — так ли это мало в действительности? По приблизительным подсчетам, организм человека состоит примерно из 50 триллионов клеток. Но атом — гораздо меньше клетки, и в каждой клетке, как бы мала она ни была, может содержаться не менее 100 триллионов атомов.

Если из каждого миллиарда этих атомов пять — атомы кобальта, то получается, что в каждой клетке содержится в среднем по 500 000 атомов кобальта. Выходит, даже самая маленькая щепотка не так уж мала.

Итак, теперь в нашем распоряжении — рецепт

приготовления человека, где расписаны все ингредиенты. Так, может быть, стоит нам взять все эти элементы в нужной пропорции, смешать и…

Но об этом — в следующей главе.

Глава 9
СОЗДАТЬ ЧЕЛОВЕКА

В сентябре 1965 года собравшиеся на 150-е национальное собрание Американского химического общества химики услышали из уст своего президента доктора Чарлза Прайса следующий призыв:

— Я хотел бы заблаговременно поднять вопрос, имеющий огромное общественное значение, которому и научное сообщество и правительство должны уделить серьезное внимание. Следует поставить национальной целью искусственный синтез живой материи! ‹…› Мне кажется, что сейчас мы отстоим от синтеза, по крайней мере частичного, живых систем не дальше, чем в 1920-х отстояли от высвобождения энергии атомного ядра, а в 1940-х — от появления человека в космосе.

Только представьте себе — синтезировать жизнь! Этому стремлению человека столько же

лет, сколько самой цивилизации.

В древности, если верить Гомеру, были некие «златые девы», помогавшие Гефесту, греческому богу-кузнецу, ковать доспехи для Ахилла. В Средневековье бытовала легенда о Големе, роботоподобном глиняном существе, в которого вдохнул жизнь пражский рабби Лёв с помощью неизрекаемого имени Божьего. Из более современных сюжетов можно вспомнить сказку о Пиноккио — ожившей деревянной кукле.

Осуществится ли вековая мечта человечества или навсегда останется в области фантастики?

Именно этот вопрос и обсуждался ранее в 1960 году на собрании ученых, посвященном данной проблеме. Ученые — люди осторожные, и некоторые из них утверждали, что синтез живой материи станет возможен лишь тысячи лет спустя; другие, более смелые, называли сроки в сотни лет. Несколько дерзких оптимистов оперировали десятилетиями будущего.

Но когда этот же вопрос задали нобелевскому лауреату генетику Герману Мюллеру, он четко ответил: «Это произошло пять лет назад!»

Понятно, что утверждение о том, что живая материя была синтезирована в 1955 году, звучит несколько странновато. Что же Мюллер имел

в виду?

Что ж, если слова Мюллера звучат и двусмысленно, то причина этой двусмысленности — в двусмысленности самого определения живой материи, в открытости вопроса о том, насколько простой по строению объект можно уже называть живым.

Обычный человек, не имеющий отношения к науке, назовет «живой» только достаточно сложную систему. В первую очередь, конечно, при словах «живое существо» в голову приходит не кто иной, как сам человек, и стоит задаться целью представить себе искусственно созданное живое существо, как воображение услужливо подсовывает образы типа чудовищ Франкенштейна. Самая напрашивающаяся в таком случае картинка — распростертое на операционном столе совершенное тело мужчины или женщины, над которым колдует ученый, занимаясь «вдыханием» в тело жизни с помощью какого-то хитрого излучения или химического вещества.

Разумеется, живое существо никогда не будет создано именно таким образом.

Стоит ли стараться собрать сразу целого человека-со всеми костями, мышцами, мозгом, железами и кровеносными сосудами? Ведь да-

же природа так не делает! Никто не вступает в жизнь готовым взрослым человеком. Все живые организмы, сколь угодно сложные, в том числе и сам человек, строят себя сами, начиная с очень простой формы (по крайней мере, по сравнению с окончательным результатом).

Живые организмы состоят из клеток — крошечных (как правило, микроскопических) пузырьков жизни. В организме человека в среднем насчитывается примерно 50 триллионов клеток, но существуют и очень простые формы жизни, состоящие всего из одной клетки, например амеба.

Но даже и те организмы, что разрастаются до триллионов клеток, начинают свое существование с одной-единственной клеточки — оплодотворенной яйцеклетки. Целый человек получается всего-навсего из крошечного пузырька живой массы, из пузырька, который еле-еле можно разглядеть невооруженным глазом при хорошем освещении и стопроцентном зрении. Из этой оплодотворенной яйцеклетки в тепличных условиях плаценты в матке матери в течение девяти месяцев формируется ребенок, в состав которого входит уже около двух триллионов клеток.

Получается, что для того, чтобы создать живого

человека, достаточно всего лишь синтезировать одну клеточку — оплодотворенную яйцеклетку. Это чрезвычайно сложно, но все же проще, чем синтезировать взрослый организм целиком и сразу. Стоит только синтезировать эту яйцеклетку, и дальше все пойдет само. Конечно, надо еще обеспечить оплодотворенной яйцеклетке необходимые условия для развития, но эта задача, возможно, скоро войдет в число решаемых.

Биологи могут достаточно долго поддерживать в живом состоянии отдельные органы и куски живой ткани. Еще перед Второй мировой войной известный хирург Алексис Кэрелл сумел отщипнуть кусок сердечной ткани от эмбриона цыпленка и продержать его в живом и растущем состоянии на протяжении более тридцати двух лет (чрезмерно разрастающуюся ткань периодически приходилось обрезать). Тогда это было очень сложно сделать хотя бы потому, что ученому пришлось предпринять очень много усилий, чтобы предохранить живую ткань от заражения бактериями. Сейчас же, после изобретения антибиотиков, бактериальное заражение уже не представляет особой опасности, и поддерживать ткани в живом состоянии в лаборатории стало гораздо проще.

Проделать нечто подобное с человеческими тканями не дают сейчас проблемы лишь этического, а не технического характера. В 1961 году доктор Дэниэль Петруччи из итальянского города Болонья заявил, что сумел оплодотворить донорскую яйцеклетку в пробирке, в которой некоторое время после этого жил и развивался эмбрион[2].

Часто звучат предложения о том, чтобы замораживать сперму великих людей и помещать ее в криохранилище с целью передать выдающиеся гены как можно большему количеству потомков. Оплодотворенные яйцеклетки с той же целью тоже можно пересаживать суррогатным матерям — тогда генетическая мать сможет производить в год по 13 детей со своими генами. К тому же у молодой и энергичной суррогатной матери дети получатся более здоровые, чем получились бы у более старой генетической.

Но есть ли необходимость в суррогатных матерях вообще? Предположим, что банки спермы и яйцеклеток будут использовать в качестве

---

[2] notes: ~ _ftn2 ~

[2] В настоящее время по законодательству большинства стран опыты по искусственному созданию эмбрионов разрешаются до достижения эмбрионом возраста четырнадцати дней, после чего эмбрион должен быть разрушен. (*Примеч. пер.*)

источников биологического материала, а яйцеклетки будут оплодотворять и выращивать в синтетической матке, где будут искусственно воспроизводиться все необходимые условия — температура, давление, возможно, даже звуки и вибрации сердцебиения матери.

До сих пор, насколько известно, оплодотворенные яйцеклетки удавалось провести вне материнской утробы только через самые ранние стадии развития. Процесс замирал еще до того, как начинали формироваться какие-либо органы. Но если удастся изобрести какой-то аналог плаценты, то станет возможным искусственное воспроизведение всего процесса выращивания человека из яйцеклетки и сперматозоида. Ученые уже придумали для этого особый термин — «эктогенез».

Эктогенетическое развитие, конечно, будет крайне ценно для науки, поскольку позволит нам путем непосредственного наблюдения узнать многое о развитии жизни.

Да и общество, признавшее и допустившее эктогенез, получит много преимуществ от того, что эмбрионы будут развиваться в людей в идеальных условиях — избегая болезней, ударов, нехватки питательных веществ и прочих

ненужных случайностей, которым они могут подвергнуться, находясь в утробе живой матери.

В условиях перенаселенности нашего мира особую важность приобретает вопрос о необходимости технологий поддержания численности населения на управляемом уровне. В условиях эктогенетического размножения людей это делать будет гораздо проще. Разумеется, к сексуальной жизни людей эктогенез не будет иметь никакого отношения — ведь и сейчас люди далеко не всегда занимаются сексом с целью заведения детей.

Кроме того, и сами эмбрионы в условиях эктогенеза станут гораздо более доступны для пристального изучения, и можно будет давать развиваться лишь тем из них, которые пройдут проверку на наличие физических или биохимических отклонений, что невозможно сделать, когда ребенок с самого начала развития находится в глубине материнской утробы.

Полное размежевание секса и размножения произведет революцию в общественном отношении к первому. Секс утратит свое значение как элемент противопоставления добра и зла и займет, наконец, свое законное место естественного человеческого инстинкта, перестав быть вечным источником неврозов.

Разумеется, есть у такого будущего и антиутопические стороны. Кто будет выбирать генетических родителей для потомства? На какой основе будет производиться выбор? Сейчас мы еще не можем сказать, насколько безопасным окажется эктогенетическое общество. Остается надеяться, что к тому моменту, как создание такого общества окажется технически возможным, мы уже будем это знать.

Но эктогенетическое общество — это не воплощение мечты об искусственном создании жизни. Эктогенез — это лишь перенос уже существующего в виде оплодотворенной яйцеклетки живого существа в другое место и доведение его там до зрелого состояния; лишь декорации вызревания изменятся при эктогенезе с плоти материнской утробы на стеклянную пробирку.

Что же можно сказать о возможности создания самой изначальной клетки из неживых материалов? Вот тогда мы бы действительно создали принципиально новое живое существо, никоим образом не происходящее от какого-либо из уже существующих.

Легко сказать… Даже одна отдельно взятая клетка — крайне сложная система, несмотря на малый размер, — гораздо более сложная, чем

океанские лайнеры и небоскребы, которые мы умеем создавать.

Давайте обратимся за помощью к природе и посмотрим, как же она сама формирует клетки. Ответ оказывается простым — все существующие сегодня клетки всех живых существ происходят от других таких же клеток. Клетки, присутствующие в вашем организме, происходят от изначальной оплодотворенной яйцеклетки; она, в свою очередь, была образована из отцовского сперматозоида и материнской яйцеклетки, а те происходили, в свою очередь, от других клеток, и линии происхождения обеих этих клеток можно проследить до двух оплодотворенных яйцеклеток, из которых в конечном итоге и получились ваши отец и мать. Такую преемственность можно проследить и дальше — на миллиарды лет назад — для всех ныне живущих существ.

Но ведь когда-то, в самом начале, первые клетки ведь должны же были образоваться не из других клеток? Как же это случилось? Неизвестно. Мы можем только строить догадки.

Потребовалась великая дерзость научной догадки, чтобы ученые смогли выдвинуть предположение о том, что переход от неклеток к клеткам, от мертвого к живому, свершился в

ходе слепого, случайного химического процесса. Наша западная культура была слишком глубоко пропитана представлениями о святости и уникальности жизни и совершенно не готова была признать ее результатом случайности. Слишком прочно укоренились представления о божественности, о целенаправленном сотворении живых существ, и человека в особенности, как то описывает Библия. Даже те, кто разумом отрицал истинность Библии, не могли набраться духу и избавиться от впитанных с детства представлений.

Так что неудивительно, что разрушить эту зачарованность первым сумел биохимик из Советского Союза — официально атеистического государства. Этим биохимиком оказался А.И. Опарин, чьи труды на эту тему датируются начиная с 1924 года. По его гипотезе, первые живые клетки появились благодаря неизбежному и достаточно простому природному явлению.

В частности, большую роль Опарин придавал естественному образованию капель одной из жидкостей при растворении в другой в тех условиях, которые преобладали в первобытном океане.

Сейчас, поколение спустя, в этом же направле-

нии гораздо дальше продвинулся Сидней Фокс из Института молекулярной эволюции в университете Майами.

Профессор Фокс для начала создал химическую систему, разработанную таким образом, чтобы максимально воспроизводить условия, бытовавшие, по представлениям химиков, на Земле несколько миллиардов лет назад, и стал эту систему нагревать — уж чего-чего, а тепла, благодаря Солнцу, на нашей планете всегда было предостаточно.

Сначала в растворе находились лишь простые вещества, которые были очень широко распространены на Земле много эпох назад; и выяснилось, что одного лишь нагревания достаточно, чтобы из этих веществ образовывались аминокислоты, а затем эти же аминокислоты сами по себе объединялись в длинные белкообразные цепочки, которые ученый назвал «протеиноидами».

Лучше всего это получалось при температурах выше точки кипения воды, и некоторые биологи сомневались, что в условиях первобытной Земли такой процесс мог происходить без того, чтобы образуемые протеиноиды не распадались с той же скоростью, с какой и формировались. Однако

Фокс тут же обрисовал картину, при которой протеиноиды образовывались в горячем вулканическом пепле, а затем тут же растворялись и смывались горячим дождем, не успевая в массе своей распасться.

Далее Фокс обнаружил, что при растворении его протеиноидов в горячей воде и последующем остывании раствора большие белкообразные молекулы демонстрируют тенденцию скапливаться вместе и слипаться в крошечные шарики, которые ученый назвал «микросферами».

Эти микросферы во многом напоминают простейшие клетки. По размеру и форме они напоминают маленькие бактерии. Как и клетки, они окружены некоей мембраной. Путем соответствующих изменений окружающей жидкости их, как и клетки, можно заставить раздуваться или, наоборот, ссыхаться. На них могут образовываться почки, которые могут иногда вырастать до больших размеров и отсоединяться. Они могут делиться надвое, могут объединяться в цепочки. Даже вещество внутри микросфер имеет некоторые свойства рабочих лошадок живой ткани — ферментов.

Конечно, микросферы не соответствуют ни одному определению живой ткани, но разве

граница между живым и неживым непременно должна быть четкой и резкой? Многие биологи считают, что такой однозначной границы быть не может. Скорее живую и неживую материю разделяет широкая зона, находящиеся в которой объекты можно рассматривать как в некоторой степени живые, а в некоторой — неживые. Если придерживаться такой точки зрения, то микросферы, хоть им и далеко еще до собственно живой ткани в строгом смысле слова, уже не являются полностью неживыми.

Возможно, Фокс или кто-то другой сможет, подталкивая микросферы все дальше, провести их через весь путь от неживого к несомненно живому. А может быть — нет. Сложно сказать.

Может быть, попытки перепрыгнуть от ничего сразу к клетке — изначально ошибочны. Вполне возможно, что клетка — не самый подходящий объект для выбора в качестве первичной цели в попытке создать живую материю. Скорее всего, не она первой появилась на свет в ходе естественной эволюции от неживого к живому. Клетка в том виде, в котором мы ее знаем, может представлять собой не пример самой примитивной живой ткани, а результат ее долгой эволюции. Ведь на протяжении несчетных миллионов лет

перед тем, как появилась первая клетка, наверняка должны были существовать более простые структуры. Просто стоило появиться на свет клеткам, как они полностью вытеснили своих предшественников в ходе конкурентного отбора, и теперь нам кажется, что проще клеток ничего нет, не было и быть не может.

Но эти «протоклетки» исчезли не совсем бесследно.

В каждой клетке содержатся еще более мелкие тела. Например, клеточное ядро, в котором находятся хромосомы, обеспечивающие механизм наследственности. Снаружи ядра в клетке располагаются митохондрии, представляющие собой энергетический аппарат. В клетках растений имеются хлоропласты — живые аналоги солнечной батареи, превращающие энергию солнечного света в пищевые запасы энергии химической.

Все эти органеллы могут представлять собой потомков протоклеток. Возможно, что протоклетки пришли к совместному существованию с образованием сложных структур как к более эффективному, чем самостоятельное. И уже эти объединения протоклеток (известные нам сейчас как клетки) и завоевали весь мир.

Самыми важными изо всех органелл можно

назвать хромосомы. Каждому виду живых существ свойственно свое характерное количество хромосом. Например, в клетках человека их 46, и все вместе на определенных стадиях роста клеток они напоминают массу толстых переплетенных макарон.

Каждый раз, когда клетка делится надвое, каждая хромосома подвергается изменениям, в результате которой из одной хромосомы получается две, причем абсолютно одинаковые. Этот процесс получил название «репликация». Если проследить историю 46 хромосом любой из 50 триллионов клеток организма взрослого человека, то выяснится, что они происходят от 46 хромосом изначальной оплодотворенной яйцеклетки. А хромосомы этой оплодотворенной яйцеклетки были получены из двух родительских клеток, половина — из отцовского сперматозоида, половина — из материнской яйцеклетки. И происхождение каждой из них тоже можно проследить вплоть до оплодотворенной яйцеклетки соответствующего родителя и т. д.

Именно хромосомы отвечают за формирование ферментов в клетке. В каждом поколении хромосомы обоих родителей образовывают новую комбинацию; да и иные небольшие изменения

в хромосомах тоже происходят при переходе от родителей к детям. В результате не бывает двух живых существ, чьи хромосомы в точности совпадают, а значит, в чьих клетках производятся в точности одинаковые ферменты. (Из этого правила есть одно исключение — однояйцовые близнецы, происходящие из одной и той же оплодотворенной яйцеклетки.)

Именно ферменты отвечают за химические механизмы, действующие в каждой клетке, а значит, именно они придают каждому живому существу его индивидуальность. Поэтому и следует рассматривать хромосомы как основу клетки, так же как мы рассматриваем клетку как основу взрослого живого существа.

Микросферы Фокса не имели этой важнейшей составляющей. Если бы мы могли синтезировать хромосомы, а затем внедрить их в микросферы, у нас, несомненно, получилась бы живая материя. Впрочем, если бы мы могли синтезировать хромосомы, то не исключено, что можно было бы создать им такие условия, когда они сами собрали бы вокруг себя целые клетки.

Последнее предположение не так удивительно, как кажется, поскольку имеется и непосредственное свидетельство в пользу того, что хромосомы

представляют собой более базовую единицу живой материи, чем клетки. Клеток без хромосом не бывает, а вот хромосомы (несколько видоизмененные, правда) бывают и без клеток.

Мы называем такие хромосомообразные объекты вирусами. Вирус гораздо меньше клетки и гораздо проще по строению. По размерам вирус равен хромосоме, по химическому строению и функциям — сходен с ней.

Вирусоподобные объекты существовали миллиарды лет назад, задолго до того, как началась эволюция клеток, и уже тогда они были способны к самостоятельной репродукции. Видимо, все необходимое для роста и размножения в то время входило непосредственно в их состав, а значит, они были несколько сложнее современных вирусов.

Существующие сегодня вирусы, так сказать, развращены существованием клеток. Современный вирус — это чистой воды паразит, утративший все средства к самостоятельному существованию и вне клетки способный лишь не разрушаться, не более того. Однако стоит ему проникнуть в подходящую клетку, как ее-то химический механизм вирус оказывается вполне способным использовать для своих целей. За счет

ресурсов клетки вирус размножается и иногда в процессе этого убивает саму клетку.

Сначала было много споров насчет того, считать ли вирус живым существом, и сейчас большинство биологов сошлись на том, чтобы считать. Это решение стало одной из причин других споров — о том, когда, же будет искусственно синтезирована живая материя. Если под живой материей подразумевать целую клетку — то до этого еще далеко. Если же под живым существом подразумевать вирус — то наша цель гораздо ближе, чем кажется.

Как правило, вирус репродуцируется, только попав в клетку, используя ее ферменты, строительный материал и энергию, которых в клетке предостаточно. Но что, если взять небольшое количество вирусов и предоставить им все необходимое вне клетки?

В октябре 1965 года профессор Сол Шпигельман из университета Иллинойса представил результаты своей работы в этом направлении. Ему удалось получить вирус в пробирке. В некотором смысле это можно назвать синтезом простейшей живой формы, но все-таки это был не совсем полноценный синтез. Изначально для размножения была использована часть вируса, так что

весь процесс напоминает скорее выращивание цыпленка (или человека) из яйца. А мы хотели бы видеть синтез живой ткани с самого начала — из полностью неживой материи.

Чтобы понять, как такое возможно вообще, давайте рассмотрим химическое строение хромосомы или вируса.

Содержимое хромосомы или вируса представляет собой длинную, закрученную спиралью цепочку атомов, представляющую собой молекулу нуклеиновой кислоты. Разновидность нуклеиновой кислоты, содержащаяся как в хромосомах, так и в более сложных вирусах, называется «дезоксирибонуклеиновая кислота», сокращаемая обычно как ДНК. Молекулу ДНК окружает белковая оболочка.

Молекулы как ДНК, так и белка имеют чрезвычайно сложное строение и могут иметь бесчисленное множество вариантов (см. главу 2). О разнообразии белков биохимики знали на протяжении уже более века, а вот нуклеиновые кислоты попали в поле зрения ученых достаточно недавно. Кроме того, белки строятся из составных единиц более двадцати различных типов, а нуклеиновые кислоты — только из четырех. Поэтому до 1940-х годов считалось само

собой разумеющимся, что именно белки, а не ДНК представляют собой самую важную часть хромосомы или вируса. Однако начиная с 1944 года стали накапливаться факты, говорящие в пользу именно ДНК.

В качестве примера можно привести эксперимент, который провел в 1955 году Хайнц Френкель-Конрат, занимаясь химическими исследованиями в Калифорнийском университете в Беркли. Френкель-Конрат сумел разделить белковую оболочку и нуклеиновокислотное ядро вируса. Ни одна из этих составляющих по отдельности, ни белок, ни нуклеиновая кислота, не могла заразить клетку — вирус казался мертвым. Тогда ученый смешал обратно белок с нуклеиновыми кислотами, и некоторая часть вирусов смогла снова объединиться и обрести способность заражать клетки.

Некоторое время этот эксперимент воспринимался как убийство живого организма с последующим его воскрешением. Хотя организм, о котором идет речь, и представлял собой простейшую из возможных форму жизни, новость о самой возможности воскрешения попала во все заголовки газет.

Впрочем, выяснилось, что никто в ходе экс-

перимента не умирал и не воскресал. Живым существом оказалась сама нуклеиновая кислота. В некоторых (очень редких) случаях ей удавалось заразить клетку и в отсутствие белковой оболочки. Белок помогает нуклеиновой кислоте проникнуть в клетку, как автомобиль помогает человеку добраться из Нью-Йорка до Чикаго, но в принципе нуклеиновая кислота может, хоть и с трудом, сделать это сама, так же как человек может в случае крайней необходимости добраться из Нью-Йорка до Чикаго пешком.

Оказалось, что и при заражении клетки целым, не разделенным, вирусом внутрь клетки проникает лишь нуклеиновая кислота. Белковая оболочка, выполнив свою задачу — облегчив проникновение, остается сброшенной снаружи. Нуклеиновая же кислота, попав внутрь клетки, не только размножается сама, но и обеспечивает формирование там же белковой оболочки (ведь составляющий ее белок не совпадает в точности ни с одним из белков, вырабатываемых клеткой самостоятельно).

На нуклеиновых кислотах, и в первую очередь на самой важной их разновидности — ДНК, — ученые сосредоточили свое внимание после 1944 года. Физик новозеландского происхождения Мо-

рис Уилкинс, один из британских разработчиков атомной бомбы во время Второй мировой войны, рассмотрел ДНК с помощью облучения молекул рентгеновскими лучами. Полученные им таким образом фотографии тщательно изучили британский коллега ученого биохимик Фрэнсис Крик и американец доктор Джеймс Уотсон. В 1953 году эти двое установили строение ДНК, выяснив, что это двойная спираль из четырех различных, но очень похожих между собой структурных единиц, получивших название «нуклеотиды».

В зависимости от распределения нуклеотидов между собой возможных вариантов строения всей молекулы ДНК получается несчетное множество. Уотсон и Крик установили, что молекула ДНК может формировать новые молекулы, являющиеся точной копией ее самой.

Другие биохимики долго и кропотливо выясняли и наконец установили, каким именно образом последовательность элементов ДНК приводит к образованию белка с конкретной, единственно соответствующей ей последовательностью аминокислот. Отдельные участки ДНК способны производить каждый свой фермент, и именно таким образом ДНК и управляет всей внутриклеточной химией. Система соответствий

последовательности нуклеиновой кислоты и последовательности аминокислот в белке называется генетическим кодом.

Теперь очевидно, что главной химической реакцией живой материи является способность молекулы ДНК воспроизводиться. Эта реакция — основной закон жизни, все остальное — лишь комментарии. Следовательно, если мы сможем образовать молекулу ДНК из простых, неживых химических соединений, то это и будет синтезом изначальной жизни. Конечно, между этим достижением и синтезом человека может лежать еще целая пропасть научной работы, но все же синтез ДНК стал бы первым настоящим шагом по мосту через эту пропасть. А граница между живой и неживой материей была бы пересечена раз и навсегда.

А как же пересекла эту границу в свое время сама природа? Ведь это произошло миллиарды лет назад, когда не было еще ни ферментов, которые могли бы облегчить работу, ни других нуклеиновых кислот, которые могли бы послужить шаблоном.

Скорее всего, на доисторической, безжизненной еще Земле лишь достаточно простые по строению молекулы могли присутствовать в

большом количестве в океане, который принято считать колыбелью жизни, и в атмосфере. Состав этих молекул можно приблизительно высчитать по общему составу молодой Земли (а его, в свою очередь, по известному нам составу Солнца и всей Вселенной в целом) с применением известных нам химических законов.

Итак, предположим, что мы взяли исходные молекулы воды, аммиака, метана, синильной кислоты и прочих и стали подвергать их энергетическому воздействию в виде ультрафиолетового и радиоактивного излучения, потоков электронов и электрических разрядов (молний). Всего этого в условиях доисторической Земли было предостаточно. Что же произойдет?

Чарлз Дарвин, основатель теории эволюции путем естественного отбора, задался этим вопросом еще сто лет назад. Его интересовало, не мог ли химический состав живых существ самостоятельно зародиться из такой системы; не имела ли место некая химическая эволюция, аналогичная эволюции биологической.

Первым, кто попытался с помощью эксперимента найти ответ на этот вопрос, стал Мелвин Кальвин из Калифорнийского университета. В 1951 году он стал подмечать, что под воздей-

ствием энергонесущего излучения из простых веществ могут образовываться сложные.

В 1952 году Стэнли Миллер из Чикагского университета продвинулся еще дальше в этом вопросе. Он поместил простые химические вещества вроде тех, что присутствовали на доисторической Земле, в камеру, совершенно лишенную какой бы то ни было живой материи, и на протяжении недели подвергал их воздействию электрических разрядов. Через неделю в смеси обнаружилось достаточно много гораздо более сложных веществ, в том числе четыре аминокислоты, аналогичные встречающимся в составе природных белков.

С тех пор целый ряд других химиков, в их числе Филипп Абельсон из Института Карнеги и Джоан Ото из Хьюстонского университета, проводили подобные же эксперименты. Под воздействием энергии в различных формах из простых веществ во всех проводимых экспериментах образовывались сложные, а из этих сложных — еще более сложные. И все получаемые сложные вещества оказывались сходными с теми, что обнаруживаются в составе живых тканей. Видимо, когда-то давно и естественный путь зарождения жизни был таким же — вслепую и наугад, но неуклонно вперед.

В частности, цейлонско-американский биохимик Сайрил Поннамперума во время работы в Научно-исследовательском центре Эймса при НАСА продемонстрировал процесс пошагового производства молекул нуклеотидов — строительного материала для нуклеиновых кислот. В нуклеотиде содержится атом фосфора. Следовательно, в исходный состав были добавлены простые фосфорсодержащие соединения. Совместно с такими учеными, как Карл Саган и Руфь Маринер, Поннамперума провел серию экспериментов, в результате которых была получена полноценная нуклеотидная молекула. К 1963 году уже удалось синтезировать нуклеотиды в особо энергетически насыщенной форме, из которых можно создавать и сами нуклеиновые кислоты.

И вот в сентябре 1965 года Поннамперума объявил о том, что ему удалось продвинуться еще на шаг — объединить два нуклеотида в динуклеотид, в котором оба нуклеотида были соединены с помощью той же самой химической связи, что объединяет нуклеотиды и в естественных нуклеиновых кислотах.

Теперь в распоряжении химиков оказалась непрерывная цепь поэтапного синтеза, начиная с самых простых веществ, существующих на

нашей планете с тех пор, как она впервые обрела современный вид, и заканчивая молекулами, из которых состоят уже сами нуклеиновые кислоты. В этой цепи нет ни одного недостающего звена.

Возникает картина неизбежности молекулярной эволюции. Стоит лишь взять планету, похожую на Землю, где имеется достаточно простых химических соединений, добавить энергии от ближайшего Солнца, и избежать образования нуклеиновой кислоты не удастся. Единственное, что останется на долю ученых в таком случае, — это просто следить за процессом, в крайнем случае — ускорять его.

Синтез нуклеотидов путем удобных химических методов (ведь не обязательно делать это с помощью хаотического процесса, как Поннамперума) стал уже привычным делом. Шотландский химик Александр Тодд (ныне — барон Тодд Трампингтонский) в 1940-х годах синтезировал несколько различных нуклеотидов.

Но что же мы можем сказать о переходе от нуклеотидов непосредственно к нуклеиновой кислоте?

В 1955 году испано-американский биохимик Северо Очоа с помощью правильно подобранных ферментов сумел в ходе своих опытов в Нью-Йорк-

ском университете сформировать из раствора высокоэнергетических нуклеотидов молекулы, очень похожие на естественные нуклеиновые кислоты, несмотря на то что изначально в растворе не имелось ни одной нуклеиновой кислоты, которая могла бы послужить моделью.

Именно этот синтез нуклеиновой кислоты Мюллер и имел в виду в 1960 году, когда сказал, что живую материю уже синтезировали пять лет назад.

Если быть совсем точными, то молекулы нуклеиновой кислоты, синтезированные без шаблона, имеют совершенно хаотичный порядок следования нуклеотидов и, как правило, более простое строение, чем естественные молекулы. Понятно, что искусственно синтезированные нуклеиновые кислоты не помогают работе ни одной клетки и не способны проникать в клетки и размножаться там. Обладая потенциалом живой материи, они тем не менее ничем этот потенциал не проявляют.

Итак, на сегодняшнем этапе развития биологии ученые могут

1) создавать молекулы нуклеиновой кислоты по образцу присутствующей в системе некоей природной молекулы. Такие молекулы можно

рассматривать как живые, но они не являются созданными из полностью неживых исходных материалов;

2) создавать молекулы нуклеиновой кислоты из полностью неживых исходных материалов. Такие молекулы до сих пор пока не демонстрируют никаких свойств живой материи.

Наука пока не в силах создать из полностью неживого сырья полноценную живую молекулу нуклеиновой кислоты, но такое положение дел продлится недолго, и именно это имел в виду Прайс в той цитате, с которой я начал главу.

Давайте же заглянем в будущее и посмотрим, какие последствия мы получим, когда человечество научится создавать искусственные нуклеиновые кислоты, искусственные вирусы, искусственные хромосомы, искусственную жизнь.

Какие опасности грозят нам сейчас? Допустим, ученые создадут вирус, который сможет проникать в клетки, — совершенно новый вирус, против которого человек, может быть, никогда не сможет выработать никакой защиты. Может ли получиться так, что новая, невообразимо смертоносная чума, вырвавшись из пробирки, уничтожит все человечество, а может быть, и

всю клеточную жизнь на Земле?

Вероятность такого исхода очень мала. Проникновение вируса в клетку и дальнейшее использование вирусом клетки в своих целях — чрезвычайно сложное явление. Этот механизм обладает работоспособностью только благодаря миллиардам лет медленной эволюции, а вирусы, как правило, могут паразитировать только на клетках конкретных видов.

Поэтому допустить появление вируса, который случайно окажется непобедимым для всех систем иммунитета и при этом будет обладать свойством разрушать все клетки человеческого организма, можно лишь с очень большой натяжкой. Выражаясь математическим языком, вероятность такого события не исключена, но крайне мала.

Так давайте же лучше рассмотрим более конструктивные и оптимистические возможности, которые сможет предоставить нам наука.

Над миром встает заря дня, когда мы сможем повторить предыдущий триумф человечества на новом — гораздо более тонком и сложном — уровне.

Когда-то, в далекие доисторические времена, человек вел образ жизни охотника и собирателя. Он ел диких животных, которых удавалось убить,

или фрукты и ягоды, которые удавалось найти. Если человеку не везло в погоне или в поиске, то он оставался голодным.

Потом люди научились приручать животных — кормить их, присматривать за ними, а взамен пользоваться их молоком, шерстью и рабочей силой и забивать их на мясо в случае необходимости. Научились выращивать растения и собирать урожай. Человек перестал быть охотником и собирателем и стал пастухом и землепашцем. В результате пищи у него стало гораздо больше. В результате этих потрясающих открытий около 10 тысяч лет назад произошел первый в истории человечества демографический взрыв.

В отношении материи, из которой состоят клетки, мы пока что находимся на стадии «охоты и собирательства». Возьмем для примера инсулин. Инсулин — это белок, вырабатываемый особыми клетками в железе, именуемой поджелудочной. Это не фермент, а гормон, необходимый для правильного функционирования организма. Его отсутствие (или недостаток) в организме приводит к диабету (см. главу 3).

Диабетик может вести нормальный образ жизни, если будет регулярно получать инъекции инсулина. Инсулин для этих инъекций получают

из поджелудочной железы забиваемых коров и свиней. Мы «собираем» инсулин из тех поджелудочных желез, которые нам удается найти. А их бывает ровно одна на каждое забитое животное, то есть запас ограничен.

Конечно, этого ограниченного запаса хватает, но зачем заниматься собирательством инсулина, если у нас появился шанс получать его, «разводя стада» молекул? Что, если нам взять из клетки поджелудочной железы не сам инсулин, а молекулу нуклеиновой кислоты, которая запускает производство инсулина? Если мы «одомашним» эту нуклеиновую кислоту и будем предоставлять ей достаточно необходимого сырья, то она сможет производить инсулин в неограниченных количествах, как корова производит молоко. Тогда у нас будет свой собственный запас инсулина и мы перестанем зависеть в этом отношении от количества забиваемых животных. Более того, возможно, нам удастся заставить эту нуклеиновую кислоту реплицироваться самостоятельно и тогда нам вообще не понадобятся больше никакие животные.

Разве не заманчиво выглядит будущее, в котором появятся заводы и фабрики, где вместо лязгающих железных механизмов будут трудить-

ся микроскопические нуклеиновые кислоты? Человечество вполне сможет искусственным образом получать сотни, тысячи сложных ферментов и других белков. С помощью некоторых ферментов удастся проводить некоторые химические реакции лучше, чем посредством любого из ныне известных способов. Появятся и новые вещества, пригодные к использованию в медицинских целях.

Возможно даже, что часть получаемого таким образом биологического материала можно будет употреблять в пищу. Искусственно изготовленные белки будут добавляться в естественную пищу в тех регионах земного шара, где питания не хватает. Да, искусственное изготовление белков будет недешево обходиться, особенно поначалу, но зато сами белки будут представлять собой чистую идеальную пищу — ни костей, ни хрящей, ни жира, сплошной продукт с высочайшей питательной ценностью.

Скорее всего, большинство людей на Земле воспротивятся введению такой неестественной диеты, но колонисты на Луне или Марсе должны высоко ее оценить. Ведь там не пасется скот и не растут яблони, а с учетом того, во сколько обойдется транспортировка пищи в космосе, похоже,

что нуклеиновым кислотам будет где развернуться. Сырье-то для будущих молекул найти можно будет без проблем и в составе местных минералов (хорошо бы там оказались известняк и гидросиликаты).

На самом деле, скорее всего, именно от достижений в области использования нуклеиновых кислот в первую очередь зависит вероятность колонизации Солнечной системы на практике.

Человечество совершенно не обязано в своих целенаправленных экспериментах в точности копировать работу природы. В конце концов, нуклеиновые кислоты реплицируются на самом деле ведь не совсем точно. Иногда в процессе репликации происходят небольшие ошибки. Нельзя сказать, что это само по себе плохо, поскольку иногда случается так, что благодаря этим ошибкам получается совершенно новая нуклеиновая кислота, которая начинает приносить дополнительную пользу клетке, в которой появилась на свет. Именно благодаря таким случайным изменениям в строении нуклеиновых кислот за два миллиарда лет эволюционного развития из амебы получился человек.

Люди научились способствовать этим изменениям в нуклеиновых кислотах в процессе

репликации. Вероятность ошибок при репликации оказалось возможным увеличивать путем обработки нуклеиновых кислот нагреванием, радиацией, определенными химическими веществами. Нуклеиновые кислоты нового образца строят белки (многие из которых являются ферментами) также с ошибками, получая новые, которым не было раньше аналогов. Скорее всего, большинство этих новых белков окажутся бесполезными, но некоторые вполне могут иметь новые, очень важные свойства, каких в природе еще никогда не наблюдалось. Химикам подобное уже знакомо. Сотню лет назад они научились получать химические соединения, не существующие в природе. Так появились на свет новые красители, новые лекарства и даже новые макромолекулы, например синтетические волокна и пластмассы. И во многих случаях новые вещества имели серьезные преимущества перед любыми природными аналогами.

Почему же нам тогда не производить новые нуклеиновые кислоты, которые будут создавать новые белки, возможно превосходящие все имеющееся в природе? Мы можем не только «разводить» нуклеиновые кислоты, но и «выводить» новые их разновидности, точно так же, как мы

выводим новые породы скота или новые сорта пшеницы.

А можно ли применить технологии новых аминокислот напрямую к людям? Давайте поразмышляем дальше.

Каждая хромосома состоит из сотен, если не тысяч, блоков — нуклеиновых кислот, каждая из которых способна создавать определенные белки. Самое старое название этих блоков — «гены». У каждого человека имеется свой личный набор генов, и не исключено, что у любого из нас в клетках присутствуют и дефектные гены, неспособные правильно создавать нужные ферменты.

Чаще всего эти дефекты легки и незаметны — но не всегда. Ученые пытаются разобраться в генах всеми доступными средствами. В 1962 году Роберт Эдгар из Калифорнийского технологического института сумел установить около половины генов, присутствующих в определенном вирусе, через анализ создаваемых этими генами ферментов.

В конце концов, конечно, будут изобретены технологии, с помощью которых можно будет определить функцию каждого гена в заданном

наборе хромосом[3]. Все клетки одного и того же организма имеют один и тот же набор генов, так что подобный анализ можно будет провести на материале, скажем, белых кровяных телец из капли крови.

Может быть, придет время, когда каждый будет подвергаться подобному анализу с рождения. Что можно сделать по результатам генного анализа, когда набор генов индивидуума установлен и проанализирован? В первую очередь, зная, какие гены несут дефект, можно предсказать угрозы здоровью человека, а значит, и принять профилактические меры. Зная свои физические возможности, человеку легче правильно планировать карьеру. Карта генного анализа может стать важнейшим документом каждого, который необходимо всегда иметь с собой, а копия которого будет храниться в каком-нибудь центральном архиве.

Несмотря на то что каждая клетка одного и того же организма содержит один и тот же набор

---

[3] notes: ~ _ftn3 ~

[3] Недавно завершился амбициознейший международный проект на эту тему. Проект получил название «Геном человека», был начат в США в 1986 году и закончен усилиями ученых из 20 стран мира в 2003 году. Однако пока речь идет лишь именно о составлении карты генома, а не об установлении точной функции каждого из генов. Последняя задача — дело ближайшего будущего. {*Примеч. пер.*)

генов, сами гены выражают себя в разных клетках по-разному. Клетки специализируются, одни становятся нервными, другие — мышечными, третьи — клетками кожи, четвертые — печени и т. д. Каждая клетка имеет свой собственный набор ферментов, что означает, что в клетке каждого типа деятельность одних генов подавляется, а других — запускается «на полную катушку».

Каким образом одни гены блокируются организмом, а другие — «включаются», ученые до сих пор в подавляющем большинстве случаев не знают. Но именно этот вопрос сейчас пользуется наибольшей популярностью у исследователей, и над ним сейчас работают со всех сторон. Одни ученые перебирают содержащиеся в хромосомах белки в поисках блокирующего агента; другие — исследуют продукты деятельности ферментов, которые, по мере накопления, могут замедлять действие породивших их ферментов. Возможно, что именно подобного рода обратная связь и обеспечивает блокировку генов. Изучаются и все другие возможности.

Предположим, люди научатся разблокировать гены. Тогда мы получим клетки со всеми свойствами первоначальной оплодотворенной яйцеклетки. Если таким образом удастся про-

извести «деспециализацию»[4] клеток культи утраченной руки или ноги, то, может быть, удастся отрастить конечности заново? А может быть, удастся регенерировать и нервные клетки или клетки глаза и наши потомки не будут знать страшных слов «паралич» и «слепота»?

Вернемся к оплодотворенной яйцеклетке и вопросу о генном анализе. Предположим, что оплодотворенной яйцеклетке дали разделиться пополам, после чего одну из двух получившихся клеток извлекли из системы. Ущерба, таким образом, никому не нанесено, поскольку вторая оставшаяся клетка может самостоятельно делиться дальше, и из нее вырастет в конечном итоге полноценный взрослый человек. На самом деле именно так — когда каждая из двух клеток первого цикла деления оплодотворенной яйцеклетки почему-то начинает развиваться самостоятельно — и получаются однояйцовые близнецы.

Извлеченную клетку можно использовать для генного анализа. По результатам этого анализа будет видно, можно ли дать второй клетке развиваться дальше, в полноценного человека, или

---

[4] notes: ~ _ftn4 ~

[4] В научной терминологии сейчас принят термин «дедифференциация». (*Примеч. пер.*)

она изначально дефектна и человек, родись он, будет носителем неизлечимого генетического заболевания[5].

Теперь предположим, что при анализе обнаружится, что один важный ген в оплодотворенной яйцеклетке поврежден и здоровый человек из нее не вырастет, но остальные гены — настолько хороши, что, будь их обладатель здоров, он оказался бы совершенным существом. С точки зрения человечества было бы непростительно терять такой образец из-за одного-единственного дефектного гена. Нельзя ли будет заменить этот поврежденный ген на здоровый, взяв последний из какого-нибудь генетического банка?

В 1964 году Мюриэл Роджер из Университета Рокфеллера объявил о том, что ему удалось перенести отдельный ген из одной бактериальной клетки в другую. В результате такой генетической трансплантации клетка-реципиент обрела способность вырабатывать новый для себя фермент. Так что идея генетического переноса в

---

[5] notes: ~ _ftn5 ~

[5] Описанная процедура — генетический скрининг — является сейчас реальной и вполне распространенной при искусственном оплодотворении (при естественном слишком затруднен процесс извлечения клетки для анализа). Только клетка для анализа забирается не на первой, а на третьей итерации деления — не одна из двух, а одна из восьми. (*Примеч. пер.*)

принципе не является нереализуемой.

Теперь предположим, что в некоей оплодотворенной яйцеклетке имеется не один, а несколько поврежденных генов, слишком много, чтобы из нее можно было получить полноценного человека. Но допустим, ни один из этих дефектных генов не относится к работе, скажем, сердца или почек. Нельзя ли взять отдельно здоровые гены и вырастить на их основе именно эти органы для будущих трансплантаций?

Звучит дико, но наука развивается страшно быстрыми темпами. Огромного, немыслимого прогресса удается достичь всего за несколько десятилетий. Шестьдесят лет спустя после неуклюжего полета аппарата братьев Райт уже имелись реактивные самолеты, способные облететь весь земной шар. Сорок лет спустя после того, как Роберт Годдард поднял свою первую ракету на жидком топливе на высоту 50 метров, запущенные человеком ракеты летели уже дальше Марса.

Так кто сейчас может сказать, каким будет уровень биологической инженерии к 2000 году, до которого многие из нас к тому же и не доживут?

Конечно, возможности, связанные с биоинженерными успехами, не могут не вызывать и

опасений. Хватит ли наших знаний для того, чтобы играть с жизнью и смертью, подобно Богу?

Может, и не хватит. Но человеку рисковать не впервой. Он уже рискнул уподобиться Богу, когда впервые начал с помощью силы своего разума изменять окружающий мир. Одомашнив животных, изобретя земледелие и начав строить города, человек создал цивилизацию. Это коренным образом изменило все существование человека. Да, эти изменения привели к возникновению проблем, которых раньше не было, но в целом жизнь изменилась к лучшему и возвращения назад к варварству не хочет никто.

И потом, когда люди создали паровую машину, приручили электрический ток, придумали двигатель внутреннего сгорания и разработали атомную бомбу, получение каждой из этих технологий все дальше отдаляло человека от исходного положения. При этом возникли просто огромные проблемы, но, опять же, мало кто захочет вернуться обратно в доиндустриальную эпоху.

Несомненно, эра биологической инженерии принесет в нашу жизнь еще больше принципиальных перемен и новых проблем, но примеры прошлого показывают, что человеку свойственно справляться с такими изменениями, получая от

них гораздо больше благ, чем рисков.

Кроме того, если суть этих перемен будет в том, что человек возьмется улучшать себя самого, то и с возникающими по ходу проблемами управляться будет уже человек улучшенный.

Каждое предыдущее усовершенствование будет облегчать работу по следующему, и, двигаясь по этой восходящей спирали, человек может наконец достичь желанной чистоты и окунуться в солнечное будущее безграничных возможностей.

Раздел II
О НЕЖИВОМ
Глава 10
ГОРЯЩЕЕ ВЕЩЕСТВО

С самого момента своего открытия горючий газ водород произвел на человечество революционное воздействие. С его помощью были повержены старые теории и установлены новые. Он уже два раза вел людей к звездам, а теперь этот газ предоставляет нам возможность получить безграничные запасы энергии, необходимой для будущих потребностей человека.

История водорода началась с пламени, поскольку в XVII веке первые химики получили при реакции железа с кислотой новый газ, который, как оказалось, взрывается при нагревании. Они назвали его «горючим газом».

Английский химик Генри Кавендиш, занявшийся изучением нового вещества в 1766 году, обнаружил, что тот способен порождать нечто более примечательное, чем пламя. Оказалось, что при сжигании этого газа и соединении его с чем-то, содержащимся в воздухе (как выяснилось

позже — с кислородом), образуются капли жидкости, которая представляет собой не что иное, как воду. Вода, рождающаяся в пламени!

Мир химии был потрясен. Ведь тысячелетиями считалось, что вода — это первоэлемент, что ее невозможно получить из сочетания каких-то более простых элементов. Теперь же выходило, что вода — это продукт сочетания двух газов!

Горючему газу дали новое имя — «водород». Образование воды из водорода стало одним из козырей, позволивших французскому химику Антуану Лорану Лавуазье смести старые теории и заложить вместо них основы современной химии.

Но этим необычные свойства водорода не исчерпывались. Водород оказался не только горючим, не только источником воды, но и крайне легким по весу. Кубический метр водорода весит всего 90 граммов (для сравнения — кубический метр воздуха весит более чем в десять раз больше — 1 килограмм 300 граммов). На самом деле водород — вообще самое легкое вещество на свете.

В 1783 году французы братья Монгольфье наполнили горячим воздухом шелковый мешок и отпустили его вверх. Горячий воздух легче, чем холодный, поэтому получившийся шар поплыл

по воздуху, как бревно — по реке. Когда же горячий воздух остыл, шар опустился.

Но зачем использовать горячий воздух, если новооткрытый газ, водород, оказался гораздо легче, чем любой воздух, даже в холодном состоянии? Его подъемная сила гораздо больше, и он вполне может нести гондолу по воздуху — вместе с сидящими в ней людьми.

В начале XIX века по всей Европе и Америке в воздух поднимались наполненные водородом воздушные шары. Для кого-то это были игрушки, захватывающее развлечение. Для ученых же это оказалось первой возможностью изучать небесные высоты — первым шагом на пути к звездам.

Кроме того, это изобретение можно было бы использовать и для коммерческого воздухоплавания, оставалось только обрести независимость от ветра. В 1900 году немецкий изобретатель граф фон Цеппелин построил воздушный шар сигаровидной формы с алюминиевым каркасом и снабдил его пропеллером. Так был изобретен дирижабль, и люди впервые в массовом порядке отправились покорять высоту на крыльях водорода.

Но нельзя забывать, что водород все же крайне огнеопасен. Огромный шар, наполненный во-

дородом, всегда представляет собой хранилище взрывчатки, — и любой удар по такой цели будет безошибочен. А нанести такой удар может что угодно, например искра статического электричества. Так, в 1937 году вспыхнула наполненная водородом оболочка огромного дирижабля «Гинденбург», и весь корабль был уничтожен в течение нескольких минут.

Впрочем, к тому моменту дирижабли и так уже отживали свое. Ясно стало, что будущее — за летательными аппаратами тяжелее воздуха.

Так что похоже, что водороду найдется использование только на земле. Химики применяют его во множестве «восстановительных» реакций, например для превращения несъедобных овощных масел в полезные твердые жиры. А горючесть водорода нашла свое применение в водородных горелках, которые режут сталь, как масло.

Что же еще?

Несмотря ни на что, водород не сдался. Пламя горящего водорода заставило дирижабль рухнуть вниз, но оно же заставляет ракету лететь вверх! Конец эры дирижаблей совпал с началом эры ракет.

Обычный самолет может маневрировать только в воздухе, где содержится достаточное

количество необходимого для сжигания топлива кислорода. Кроме того, воздух должен быть еще и достаточно плотен, чтобы поддерживать вес самой машины.

А вот ракета несет на борту и топливо, и кислород. Когда эти две составляющие объединяются, происходит взрыв и раскаленные газы вырываются из сопел вниз. По закону действия или противодействия, известному также как третий закон Ньютона в честь знаменитого английского ученого, открывшего этот закон в 1683 году, раз часть массы ракеты (газы) вылетает вниз, то вся остальная ракета должна лететь вверх, в противоположном направлении.

По мере того как выхлопные газы вылетают вниз, ракета движется вверх все быстрее. В конце концов она выйдет за пределы атмосферы (которая ей не нужна ни для поддержки, ни в качестве источника кислорода) и выйдет в космос.

Высота, на которую поднимется ракета, зависит, в частности, от того, каким образом выбрасываются выхлопные газы. Чем быстрее они вылетают (чем яростнее происходит реакция), тем больше скорость ракеты, а значит, и высота, на которую она поднимется. Поэтому ученые-конструкторы очень активно искали топ-

ливо, которое обеспечило бы наиболее бурную реакцию.

В первых ракетах, вроде игрушечных, что запускают на Четвертое июля[6], или почти игрушечных, которые применялись в военных действиях XIX века, топливом служил порох. В порохе содержится богатое кислородом вещество селитра, а также углерод и сера, которые под воздействием нагревания вступают в активную реакцию с кислородом селитры. То есть в порохе тоже соединены топливо и кислород.

Но порох — не очень мощное топливо. В 1926 году американский изобретатель Роберт Годдард понял, что с помощью жидкого топлива можно добиться большего. И 16 марта упомянутого года запустил на ферме своей тетушки Эффи в Обурне, штат Массачусетс, первую в мире реактивную ракету на жидком топливе. Использованное им горючее — смесь бензина с жидким кислородом — оказалось в пять раз мощнее, чем тротил. Вскоре ракеты на таком топливе стали подниматься на многие километры в воздух со сверхзвуковой скоростью.

Первыми ракету с реактивным двигателем

---

[6] notes: ~ _ftn6 ~

[6] День независимости США. (*Примеч. пер.*)

придумали американцы, но зрелости эта идея достигла в Германии. Во время Второй мировой войны немцы создали боевую ракету «Фау-2». После войны, в 1946 году, мы вывезли к себе в США некоторых немецких конструкторов и взялись за дело всерьез. К сожалению, сам Годдард не дожил до этого всего год.

Сочетание бензина с кислородом продолжали использовать и далее, но ясно было, что эта смесь не является идеальным горючим. Изо всех видов химического топлива энергичнее всего горит водород (в сочетании с кислородом или фтором). Поэтому ракета на водородном топливе могла бы подняться гораздо выше и нести более тяжелый груз, чем на смеси бензина с кислородом той же массы.

Казалось бы, снова настал звездный час водорода, но оставалась одна проблема. В обычной форме водород использовать нельзя — килограмм водорода занимает 9 кубических метров, а объема в любой ракете маловато.

Поэтому надо было перевести водород в какую-то более компактную форму. Можно было бы добиться этого путем сжатия под давлением, но это сложно и опасно. Впрочем, существует еще один способ уменьшить газ в объеме без

нагнетания давления — остудить его до жидкого состояния.

После Второй мировой войны компактный водород необходим был не только для ракетных двигателей — шли работы по созданию новой бомбы.

Обычная атомная бомба, выбрасывающая энергию за счет расщепления урана — вроде той, с помощью которой было сломлено сопротивление Японии, — в новой бомбе должна была служить лишь детонатором еще более страшного взрыва. Причиной последнего стало бы насильственное слияние атомов водорода в гелий. Такая бомба получила название «термоядерной», или «водородной».

Так что необходимость в больших количествах жидкого водорода имелась налицо. Однако на пути к достижению этой цели оставался ряд препятствий.

Водород — очень распространенное вещество. Именно атомы водорода составляют две трети от всех атомов как в бензине, так и в океанской воде. А в живой ткани, в том числе и в вашем собственном организме, водород составляет три пятых от общего количества атомов. Да и в земной коре почти каждый тридцатый атом — водород.

Однако сам по себе, не в соединении с другими элементами, водород не встречается. Выделение же атомов кислорода из различных молекул было поначалу процессом сложным и дорогим. Это делалось путем обработки некоторых металлов кислотами или пропускания электрического тока через воду — для скромных нужд XIX века таких технологий было достаточно.

Вскоре после Второй мировой войны представители группы нефтяных и газовых компаний собрались для разработки совместного проекта по производству горючего из природного газа. Ими была изобретена технология сжигания природного газа с последующим глушением пламени в нужный момент для того, чтобы реакция горения осталась незавершенной и вместо углекислого газа и воды ее продуктами оказались угарный газ и водород. Эти два газа при определенных условиях можно снова объединить с получением топлива.

Сработало. Но получение горючего таким образом оказалось экономически нерентабельным по сравнению с получением его из огромных естественных нефтяных месторождений, обнаруженных во время и после войны. Однако научная работа была проведена не зря. Разработанный

учеными механизм оказался самым дешевым способом получения водорода.

Следовательно, когда в середине XX века возникла потребность в большом количестве водорода, ее было чем удовлетворить. А вот предоставить водород непременно в жидком виде оказалось сложнее.

На протяжении всего XIX века химики пытались сжижать газы. Некоторые, например хлор и диоксид серы, легко поддавались усилиям исследователей. Стоило чуть остудить их, и они сразу же переходили в жидкое состояние. Впрочем, достаточно было и некоторого увеличения давления, без снижения температуры.

Другие же газы, например кислород, азот и водород, упорно отказывались сжижаться, несмотря ни на значительное снижение температуры, ни на повышение давления. Их классифицировали как «постоянные газы». Однако уже в 1869 году химиками было обнаружено, что, если не опустить температуру ниже некоей «критической точки», то никакое давление не поможет перевести газ в жидкую форму. Получается, что для таких газов, как кислород, азот и водород, такая критическая точка находится на очень низкой отметке температурной шкалы.

Тогда химики сосредоточили свои усилия на снижении температуры, и к 1880-м годам удалось перевести в жидкую форму кислород и азот. Азот дался труднее. Жидкий азот закипает при -195 °C, а водород даже и при этой температуре остается газом.

И только в 1895 году английский химик Джеймс Дьюар сумел первым получить жидкий водород. Температура кипения этого вещества оказалась -53 °C, лишь на 20 градусов выше абсолютного нуля — самой нижней точки температурной шкалы.

Итак, оказалось, что жидкий водород получать можно, а если затратить достаточно усилий — его можно получать и в большом количестве. Однако еще на протяжении пятидесяти лет он оставался не более чем лабораторным курьезом.

Главной проблемой в отношении жидкого водорода было то, что эта жидкость крайне нестабильна и в любой момент может испариться. Самая тщательная лабораторная изоляция помогала лишь до определенной степени, поскольку жидкий водород сам по себе генерирует некоторое количество тепла.

Это явление заслуживает отдельного объяснения. При обычных условиях водород существует

в виде скопления молекул, каждая из которых представляет собой пару атомов.

Каждый атом водорода состоит в основном из одной центральной постоянно вращающейся частицы, именуемой «протоном». В одних молекулах водорода протоны обоих атомов вращаются в одном направлении; в других — в противоположном. Первая разновидность водорода получила название «ортоводород», а вторая — «параводород». В обычном газообразном водороде три четверти молекул — это ортоводород, а оставшаяся четверть — параводород.

В молекуле ортоводорода содержится больше энергии, чем в молекуле параводорода. При переходе водорода в жидкую форму ортомолекулы постепенно превращаются в менее энергичные парамолекулы. Разница в энергетическом уровне орто- и параводорода в таком случае высвобождается в виде тепла.

Постепенное превращение ортомолекул в парамолекулы приводит к постепенному же нагреванию общей массы жидкого водорода и выпариванию последнего со скоростью один процент в час, даже если камера с водородом идеальным образом изолирована. Более того, если камера не вентилируется, то давление в ней

может при этом возрасти до опасного уровня.

Напрашивается решение проблемы путем предварительного превращения всех ортомолекул в парамолекулы. Тогда мы получим чистый параводород, который, при должной изоляции, можно держать в жидком состоянии очень долго.

Существуют вещества, способные послужить катализаторами процесса и ускорить такое превращение. К примеру, уже в 1929 году было обнаружено, что ускорению нужного превращения способствует угольный порошок. А в 1952 году, когда нужда заставила, ученые выяснили, что с помощью особым образом обработанного оксида железа можно за несколько секунд превращать ортоводород в параводород в больших количествах.

После доработки процедуры в промышленных масштабах стало возможным массовое получение жидкого водорода в такой форме, когда в условиях должной изоляции путем испарения жидкость теряет один процент не за час, а за трое суток. Цена производства такого водорода упала до одного доллара за килограмм, и сейчас строятся заводы, где будет вырабатываться по двадцать и более тонн водорода в сутки. Потребность че-

ловечества в водороде удовлетворена полностью и останется удовлетворенной, несмотря на свой постоянный рост.

Кажется, брезжит еще один, новый способ использования водорода — для производства электроэнергии. Как правило, электричество вырабатывается генератором, работающим на тепловой энергии горящего угля или мазута (или на энергии падающей воды). При переходе энергии из тепловой формы в электрическую значительная часть ее неизбежно теряется. Если бы можно было объединять топливо с кислородом напрямую в единой электрической батарее (так называемой «топливной батарее»), то весь процесс в целом можно было бы сделать более эффективным.

В экспериментах по созданию топливных батарей испытывались различные виды топлива: угольный порошок, угарный газ, метан. Трудности практического характера, лишающие такие батареи экономической рентабельности, велики, но преодолимы. Наиболее перспективной кажется на сегодняшний день водородно-кислородная топливная батарея. Такие батареи уже работают, по крайней мере в небольших масштабах, и, возможно, не за горами тот день, когда с помощью

водорода электричество станет, таким образом, дешевле и доступнее.

После войны жидкий водород получил новое, экзотическое применение в пузырьковых камерах, предназначенных для отлавливания странных короткоживущих ядерных частиц, производимых мощными современными машинами, расщепляющими атомы. Изобрел эти камеры в 1952 году американский физик Дональд Глейзер. Одна пузырьковая камера находится в Калифорнийском университете — она имеет длину 1,2 метра и содержит 570 литров жидкого водорода.

Но и для топливных батарей, и для пузырьковых камер требуется сравнительно немного жидкого водорода. Основной расход всего жидкого водорода, который может произвести современная промышленность, — это использование в качестве топлива ракет и реактивных двигателей. В частности, жидкий водород может питать энергией те огромные ракеты, что унесут человека на Луну.

Одна из причин, побуждавших государства после войны в спешке производить жидкий водород в огромных объемах, исчезла. Да, в первых примитивных водородных бомбах действительно

использовался жидкий водород, но это оказалось непрактичным. Соблюдение требований к изоляции приводило к настолько значительному увеличению размера и веса бомбы, что она превращалась в нечто чудовищное и неподъемное.

Очевидным выводом стало использование не самого водорода, а соединения водорода с легким металлом — литием. Соединение это, гидрид лития, оказалось не менее взрывчатым после взрыва запала, чем сам водород. При этом гидрид лития является твердым веществом при обычной температуре, представляя собой, таким образом, хранилище водорода в компактном виде безо всякой изоляции или нагнетания давления. В таком виде водородная бомба сразу стала готовой к размещению на борту самолета или в ракетной боеголовке.

Мы все, конечно, надеемся, что водородная бомба никогда не будет использована. Но вот другой вариант применения процесса слияния ядер водорода, напротив, является предметом надежд всего человечества. Если человек научится управлять этим процессом и сможет сделать его медленным и постоянным, то все энергетические потребности человека будут удовлетворены на неопределенный срок.

Необходимо всего лишь поднять температуру некоторого объема водорода до точки, при которой начнется слияние, а дальше процесс станет поддерживаться самостоятельно. Причем желательно обойтись при этом без атомной бомбы. Решить эту задачу было бы легче, если бы можно было заставить атомы водорода вступать в слияние при как можно более низкой температуре.

Этого можно добиться, если использовать водород достаточно редкого вида. Я уже упоминал о том, что в атоме водорода содержится частица, именуемая протоном. Однако примерно в одном атоме водорода из 7 тысяч содержится, помимо протона, еще одна частица, получившая название «нейтрон». Атом водорода, чье ядро содержит и протон, и нейтрон, имеет массу в два раза больше обычного атома, за что его и назвали «тяжелым водородом», или «дейтерием» (от греческого «второй», поскольку он содержит еще и «вторую», «дополнительную» частицу).

Дейтерий открыл в 1932 году американский химик Гарольд Юри. Разница в массе в два раза позволяет сравнительно легко выделить этот элемент из общей водородной массы, но в течение десяти лет его продолжали считать не более чем академически любопытным отклонением

от нормы. И только во время Второй мировой войны выяснилось, что вода, в состав которой входит дейтерий (так называемая «тяжелая вода»), может представлять собой важный элемент ядерного реактора.

Но мало того — уже после войны выяснилось, что слияние дейтерия происходит гораздо легче, чем слияние обычного водорода. Поэтому при всех попытках овладеть реакцией слияния водорода стал использоваться только дейтерий.

Но даже в этом случае речь все еще идет о температуре в миллионы градусов, при которой атомы дейтерия распадаются на смесь элементарных частиц, именуемую «плазмой». Температура плазмы слишком высока, чтобы можно было давать ей соприкасаться со стенками камеры, из какого бы материала она ни была сделана. Но, пользуясь тем, что плазма электрически заряжена, ученые сумели удержать ее на месте не стенками, а электромагнитными полями.

Проблема сложная, но с каждым годом нам удается поднимать температуру дейтерия все выше и удерживать ее все дольше. Не за горами тот день, когда человек полностью овладеет слиянием водорода.

А тогда, может быть, еще до конца XX века по

всей Земле появятся принципиально новые электростанции. Питаться они будут от небольших камер с жидким дейтерием, которые повсеместно придут на смену вагонеткам с углем и танкерам с нефтью. И именно водород, в той или иной форме, сможет не только пронести человека к звездам, но и помочь ему преодолеть бедность и несчастье на самой Земле.

Глава 11
ДА БУДЕТ НОВЫЙ СВЕТ!

В 1960 году американский физик Теодор Гарольд Мейман подверг брусок искусственного рубина облучению ярким светом. Оказалось, что поглощаемый материалом свет снова испускается наружу, но в измененном виде. Теперь весь свет представлял собой тонкий луч насыщенного красного цвета, исходящий из торца бруска.

Такого света еще никто никогда не видел. Более того, такого света раньше никогда не существовало ни на Земле, ни где-либо еще во всей Вселенной — насколько нам известно. Искусственный рубин Меймана стал первым в мире лазером — устройством, в котором мы сегодня видим как луч смерти, так и волшебный инстру-

мент для хирургии, фотографии, коммуникаций, изучения космоса и еще с полдесятка областей.

Что же такого уникального в этом лазерном луче? С виду — просто цветной луч, каких и раньше люди видели предостаточно. Значит, есть в нем что-то, невооруженным глазом неразличимое? Чтобы понять, что именно, надо сначала вкратце рассказать о природе обычного света.

Представим себе свет как поток волн. Резонно было бы задаться в таком случае вопросом: «волн в чем?», и этот вопрос поставил бы нас в тупик, но сейчас мы в такие тонкости углубляться не будем. Просто представим себе некие волны, и все.

Не стоит думать, что представить свет в виде волн — значит нарисовать волнистую линию вдоль всей протяженности луча света. Свет от далеких звезд попадает к нам через триллионы километров, так что «вся протяженность» окажется в таком случае немалой. Вместо этого, представим себе волны разбитыми на маленькие отрезки, по несколько колебаний на каждом. В дальнейшем мы будем называть эти отрезки «фотонами», от греческого слова, означающего «свет».

Фотоны очень малы. Сорокаваттная лампочка, свет от которой, как мы все сами видели, слаб и

тускл, испускает около квинтиллиона (1 000 000 000 000 000 000) фотонов в секунду.

Между собой фотоны не всегда одинаковы. Самое важное отличие одних фотонов от других в том, что одни несут больше энергии, чем другие. В подробности того, «что такое энергия», мы сейчас углубляться тоже не будем, ограничившись утверждением о том, что фотон с более высоким энергетическим содержанием может делать нечто, чего фотон с более низким делать не может.

К примеру, красный свет состоит из фотонов, энергия которых в два раза меньше, чем энергия фотонов фиолетовых. Попадая на обычную фотопленку, фотоны красного света, не имея на то достаточно энергии, не производят никаких химических изменений в покрывающем пленку составе. Если же на пленку попадают более энергетически насыщенные фотоны фиолетового света, то химикаты состава распадаются и пленка затуманивается.

Именно поэтому в фотолабораториях, где проявляют и печатают фотографии, используется освещение красным светом. Ведь такой свет безвреден для пленки.

В солнечном свете содержатся фотоны с самым

разнообразным энергетическим содержанием. В нем присутствуют все фотоны, способные воздействовать на сетчатку наших глаз, которую можно рассматривать как живую и очень сложную фотопластинку, а кроме того — фотоны недоступного нашим глазам инфракрасного света, несущие меньше энергии, чем любой видимый свет, и также невидимого ультрафиолетового света, несущие больше энергии, чем фотоны любого цвета, доступного глазу. В целом же все формы света, как видимого, так и невидимого, можно рассматривать также как электромагнитное излучение.

Фотоны ультрафиолетового света несут так много энергии, что могут повредить сетчатку, именно поэтому опасно долго смотреть прямо на солнце. Энергии, содержащейся в фотонах ультрафиолетового света, хватает даже для того, чтобы приводить к химическим изменениям в нашей коже, благодаря чему кожа обретает загар.

Фотоны рентгеновских лучей и гамма-излучения, несущие энергии еще больше, чем ультрафиолет, могут пробивать путь прямо сквозь тело человека. Если при этом они повреждают определенные молекулы, то производимые при

этом химические реакции приводят к тяжелым, часто смертельным последствиям для здоровья. Именно поэтому людям, работающим с радиоактивными веществами, и сотрудникам атомных электростанций приходится соблюдать столько предосторожностей, чтобы не подвергнуться облучению.

Раз мы представили фотоны короткими отрезками волн, то пора объяснить, чем же фотоны с высоким содержанием энергии отличаются от фотонов с низким. Обратим внимание на длину каждого отдельного колебания. Представим себе отрезок волны длиной в один дюйм и нарисуем столь плавный ее изгиб, что на всю длину получится только одно колебание. А рядом нарисуем другой отрезок, тоже длиной в один дюйм, но теперь на этом дюйме будет умещаться десять колебаний.

Количество колебаний на участке волны определенной длины является для этой волны важной характеристикой — частотой. Частота волны, в которой на дюйм приходится десять колебаний, — в десять раз выше, чем волны, где одно колебание занимает целый дюйм длины.

Чем больше энергетическое содержание фотона, тем выше частота соответствующего света.

В фотоне красного света на сантиметр волны приходится около 14 000 колебаний, фиолетового — вдвое больше, около 28 000. Разница в частоте световых волн видимой части спектра и обеспечивает нам ощущение разных цветов.

Теперь давайте разберемся, откуда же берутся эти фотоны? Для этого нам придется рассмотреть строение самой материи, из которой состоит Вселенная.

Материя состоит из крошечных частиц, которые называют атомами. Атомы, как и более мелкие частицы, входящие в их состав, как и более крупные частицы, в состав которых входят сами атомы, содержат энергию. Чаще всего энергия проявляет себя движением — частицы, обладающие большей энергией, движутся или вибрируют быстрее.

Частицы материи не просто «могут обладать энергией» — они могут обладать лишь определенными ее объемами. Частицы каждого конкретного вида могут обладать энергией в типичном для них объеме, и ни в каком другом. Поэтому можно говорить о том, что каждая частица имеет некий характерный для нее энергетический уровень. Частица может иметь тот или иной, более низкий или более высокий, энергетический уровень, но

ни в коем случае не некий промежуточный.

Можно провести аналогию с мелкой монетой. Если у вас в кармане звенят пятицентовики, то у вас может быть в общей сумме 45 или 50 центов, но 47 центов у вас быть не может. Если же ваши монетки — сплошь четвертаки, то 50 центов у вас в кармане по-прежнему может оказаться, а вот 45 — уже нет.

При сгорании куска дерева энергия, высвобождаемая при реакции соединения частиц дерева с частицами воздуха, переходит в энергию окружающего воздуха. Все частицы выбрасываются наружу с высоким уровнем энергии.

Однако они не сохраняют высокий уровень энергии навсегда. Все частицы имеют склонность к пребыванию на как можно более низком энергетическом уровне. Поэтому вскоре частицы, поднятые на высокий энергетический уровень, возвращаются обратно на низкий. При этом они отдают энергию в окружающее пространство в виде фотонов.

Если бы все частицы окружающей среды вокруг горящего дерева были бы одинаковы и все поднимались на один и тот же высокий энергетический уровень и возвращались на один и тот же низкий, то все отдаваемые фотоны имели бы

одно и то же энергетическое содержание и одну и ту же частоту.

Но это не так. Дополнительную энергию получают абсолютно все виды частиц, и количество получаемой ими энергии может оказаться самым разным. Соответственно фотоны отдаются очень разные — некоторые из них (меньшинство, правда) лежат в видимой части спектра, поэтому пламя костра освещает окрестности. В солнечном свете тоже присутствуют фотоны самых различных частот, поэтому в нем представлен практически полный спектр всего света, который только существует в природе. Еще пару десятилетий назад ученые считали, что эта мешанина частот является практически неотъемлемым свойством любого света.

Теперь предположим, что все частицы, с которыми мы имеем дело, принадлежат исключительно к одному типу и что все молекулы, таким образом, получают один и тот же невысокий уровень энергии.

В таких условиях отдельные частицы постоянно будут то набирать достаточно энергии, чтобы переместиться на следующий энергетический уровень, то снова терять набранный излишек энергии в виде фотона определенной частоты.

Среди рассматриваемых частиц всегда будут такие, которые уже набрали энергию и находятся в данный момент в процессе ее потери. Так что из такой системы всегда будут испускаться фотоны, причем одной и той же частоты, и в результате мы будем иметь луч постоянной частоты.

К примеру, было обнаружено, что аммиачный газ можно заставить испускать определенное низкочастотное излучение, получившее название «микроволна». Частота микроволнового излучения от аммиака — меньше одного колебания на сантиметр. Сравните с 14 000 колебаний красного света!

Эти колебания — ровны и неизменны. Они постояннее, чем колебания любых рукотворных маятников или даже небесных тел. В 1949 году американский физик Гарольд Лайонс показал, как можно с помощью этих колебаний управлять изменением времени, и изобрел атомные часы, гораздо более точные, чем любые другие часы, известные на тот момент. Но с помощью такого излучения можно не только измерять время.

Частицы, из которых состоит аммиак, перескакивают с более низкого энергетического уровня на более высокий тогда, когда поглощают фотон с соответствующим содержанием энергии. Но

что происходит, если фотон попадает в частицу, которая уже и так имеет высокое энергетическое содержание? Может быть, оно становится еще выше? Нет!

В 1917 году Альберт Эйнштейн показал, пользуясь чисто теоретическими доводами, что, если фотон соответствующего энергетического значения попадет в частицу, уже находящуюся на высоком энергетическом уровне, он не будет поглощен; напротив, частица, в которую он попадет, снова перескочит обратно на нижний энергетический уровень.

При этом молекула, перемещающаяся уровнем ниже, испускает еще один фотон, в точности равный тому, который в нее попал. Более того, даже двигаться этот фотон будет в том же направлении, что и первый. В результате получится, что после удара фотона в молекулу мы будем иметь два фотона одной и той же частоты, движущиеся вместе.

Что же произойдет, если каждый из этих двух фотонов попадет в некие частицы, уже находящиеся на высоком энергетическом уровне? Каждая из них будет сброшена на более низкий энергетический уровень и при этом испустит по фотону, таким образом, всего мы будем иметь

четыре фотона одинаковой частоты, движущиеся все вместе. Соответственно, если они все тоже попадут по частицам, находящимся на высоком энергетическом уровне, количество летящих вместе фотонов снова удвоится и т. д.

В обычных обстоятельствах вероятность такого хода событий крайне мала, поскольку на высоком энергетическом уровне частицы пребывают очень недолго. В любой отдельно взятый момент большинство частиц газа, скажем аммиака, находится на низком энергетическом уровне и, соответственно, вероятность попадания фотона в низкоэнергетическую частицу гораздо выше, чем в высокоэнергетическую.

Но американский физик Чарлз Гард Таунс придумал, как отделить частицы с высоким энергетическим уровнем от частиц с низким с помощью электрически заряженного устройства. В 1953 году ему удалось заполнить небольшую ячейку частицами аммиака, находящимися исключительно на высоком энергетическом уровне. Попадая в такую ячейку, фотон определенного размера неизбежно порождает путем попадания по частице еще один подобный себе фотон, затем — еще два, затем — еще четыре и т. д., по описанной выше схеме.

Один-единственный фотон может запустить лавину одинаковых фотонов за долю секунды. Соответственно, такое устройство можно использовать в качестве усилителя. Допустим, что из некоей точки в небе исходит очень слабое излучение, настолько слабое, что никакие приборы его не улавливают. Если это излучение попадает в ячейку, наполненную молекулами аммиака, находящимися на высоком энергетическом уровне, то оно вызовет лавинообразное испускание фотонов, которое уже нельзя будет не заметить, а уже из этого факта можно будет сделать вывод о существовании первоначального фотона, который эту лавину вызвал.

Таунс назвал свое устройство «мазер» (maser), от первых букв английских слов в словосочетании microwave amplification by stimulated emission of radiation — «микроволновое усиление путем стимулированного испускания излучения».

Мазер с аммиаком будет работать только с фотонами одной определенной частоты, но ведь аммиак — не единственное вещество, на котором может работать мазер. Были найдены твердые вещества, в которых используются другие сочетания энергетических уровней. Короче говоря, ученые разработали мазеры для фотонов самых

разных частот.

Сначала все мазеры могли работать только по сессиям. Систему надо было сначала каким-то образом наполнить частицами с более высоким энергетическим уровнем, а затем входящий фотон всю ее разряжал, и мазер переставал работать, пока его снова не наполнить частицами с высоким уровнем.

Голландско-американский физик Николас Бломберген сумел обойти эту проблему путем введения системы с тремя уровнями — низким, средним и высоким. Систему наполняют высокочастотными фотонами, способными перевести содержащиеся в мазере атомы с низкого уровня на высокий. Вторая группа фотонов, более низкой частоты, сбивает систему сначала с высокого уровня на средний, а потом — со среднего на низкий. Оба процесса могут проходить независимо друг от друга, так что получается, что одновременно первая группа фотонов поднимает систему на более высокий энергетический уровень, а вторая — сбивает на более низкий. В целом вся система работает, таким образом, непрерывно.

Однако нет никаких причин ограничиваться микроволновым излучением. Почему бы не начать работать на других энергетических уровнях,

чтобы производить более энергичные фотоны, частоты которых окажется достаточно для производства видимого света? Мазер, производящий такой видимый свет, получил название «оптического мазера», или «лазера» (это слово образовано по тому же принципу, что и мазер, но вместо «м» от microwave — «микроволновый», в нем используется «л» от light — «световой»).

В 1958 году Таунс указал, что создание лазера теоретически вполне возможно, а в реальности это устройство впервые создал Мейман, о чем я уже написал в начале главы. Первый лазер Меймана работал по прерывистой схеме, и после быстрой разрядки его приходилось снова заряжать энергией. Однако не успел закончиться 1960 год, как физик Али Джаван в лаборатории Белла уже создал постоянный лазер.

Теперь понятно, чем свет лазерного луча отличается от любого другого известного нам света.

Во-первых, лазерный луч состоит из очень сильного света. При порождении обычного светового излучения испускаются фотоны самых разных частот, а лазерный луч состоит из совершенно одинаковых фотонов. Лишь малая их часть принадлежит видимому отрезку светового спектра.

Во-вторых, лазерный луч очень однороден.

Обычный свет состоит из фотонов самых разных частот, а лазерный луч — из совершенно одинаковых фотонов. Поэтому на всем своем протяжении луч имеет один ровный цвет. Такой цвет называется «монохромным» (от греческих слов «один» и «цвет»).

В-третьих, лазерный луч очень узок. Фотоны обычного света движутся во все стороны, и луч обычного света из-за этого трудно удержать от рассеивания. А фотоны лазерного луча движутся все строго в одном и том же направлении. Поэтому обычный свет можно уподобить толпе людей, каждый из которых движется туда, куда надо лично ему, а луч лазера — колонне марширующих в ногу солдат.

Естественное стремление фотонов лазерного луча двигаться в одном и том же направлении подчеркивается и устройством производящей его трубки. Концы этой трубки сделаны со всей возможной точностью плоскими, ровными и параллельными. Один из них посеребрен и представляет собой идеальное зеркало, а второй посеребрен лишь слегка. Когда механизм лазера запускает производство фотонов, они движутся тоже во всех направлениях. Большинство таких фотонов сразу же свободно уходят сквозь стенки

трубки. Однако те, которые оказываются направленными вдоль трубки, попадают сначала на одно отражающее зеркало, потом, отразившись от него, — на второе, оттуда — опять на первое, все время по пути лавинообразно порождая новые фотоны, движущиеся в том же направлении.

В конце концов, когда фотонов становится достаточно много, их лавина прорывается сквозь тот конец трубки, что посеребрен лишь слегка, и получается лазерный луч. Составляющие этот луч фотоны настолько одинаковы между собой по частоте и направлению, что переходят один в другой практически незаметно, так что весь луч можно изобразить как одну непрерывную волну. Такое излучение называют «когерентным», от английского слова, означающего «сцепленный, связанный».

Состоящий из когерентного света лазерный луч практически вообще не рассеивается. Пронизывая пространство, он тратит крайне мало энергии. Лазерный луч можно сфокусировать так, чтобы попасть им в чашку кофе, находящуюся на расстоянии в тысячу километров. В 1962 году лазерный луч, запущенный с Земли, достиг Луны. При этом он рассеялся до диаметра в три километра, пройдя расстояние примерно в четы-

реста тысяч километров.

Уникальным свойствам лазерного луча может найтись масса интересных применений. В частности, узость луча позволяет сфокусировать на малой площади достаточно большую энергию. Температура на этой площади так быстро возрастает до критических значений, что требуется прилично поработать, чтобы тепло успело в достаточном объеме улетучиться, не нанеся вреда.

В связи с этим лазер может стать средством профилактики некоторых глазных болезней — им можно успеть скрепить ослабевшую сетчатку так быстро, что окружающие ткани не успеют пострадать от высокой температуры. Точно так же можно уничтожать и опухоли на коже, не обжигая здоровой кожи.

Лазером можно выпарить кусочек металла, а пар — быстро подвергнуть спектрографическому анализу; можно быстро и чисто пробуравить отверстие в металле или даже в драгоценном камне. Возможно, с помощью лазерного луча удастся когда-нибудь добиться и температур, достаточно высоких, чтобы запустить управляемую реакцию слияния ядер водорода, и решить таким образом раз и навсегда энергетическую проблему (см. главу 10).

Разумеется, к сожалению, все то же самое, что и с куском металла, лазер может сделать и с человеком. В 1965 году были разработаны лазеры, в которых частицы подталкиваются на высокий энергетический уровень с помощью химических реакций. Значит, мы можем представить себе и пистолет, в котором энергия химической реакции будет не толкать по стволу свинцовую пулю, а испускать вспышку лазерного луча. Такой луч бесшумно поразит человека намертво, не оставив следов и улик в виде пули, по которой можно было бы впоследствии произвести трасологическую экспертизу. Вот это получился бы воистину тот самый луч смерти, о котором столько писали в фантастических рассказах.

А если появятся лазерные пистолеты, то почему бы не появиться и лазерным пушкам? Вспышка излучения огромного лазера вполне сможет продырявить броню танка или корабля. Такой «снаряд», состоящий из света, пролетит точно по прямой к цели со скоростью 300 000 километров в секунду, и не будут ему помехой ни ветер, ни температура, ни вращение Земли, ни сила тяготения, ни любой другой параметр из тех, что осложняют прицел материальных снарядов.

В качестве оружия дальнего радиуса действия

луч смерти имеет ряд ограничений. Облака, туман, дым или пыль могут рассеять и ослабить его. А идеально прямая траектория делает неуязвимой для такого оружия любую цель, расположенную за горизонтом, ведь луч не будет изгибаться, повторяя округлость земной поверхности.

Но если попытаться заглянуть в будущее, можно увидеть там все условия для использования лучей смерти в космосе. В вакууме, лежащем за пределами атмосферы, нет ни облаков, ни тумана, ни пыли и никакие горизонты не ограничивают область применения оружия. Ожидают ли человечество в будущем, несколько поколений спустя, межзвездные баталии, где космические корабли будут обмениваться вспышками лазерных орудий и любое попадание будет означать смертельное поражение цели?

Для создания таких мощных лазерных лучей потребуется очень много энергии, но сейчас идет работа над созданием лазеров, которые будут получать энергию из солнечного света. В космическом пространстве Солнце никогда не скрывается и не заходит за тучу, так что там его энергия всегда под рукой.

Но будем надеяться, что к тому моменту об-

щество созреет до такой степени, что лазерное оружие, ни тяжелое, ни легкое, никогда не будет использовано. Лазерному лучу найдутся и мирные способы применения. Например, можно использовать лазер в сфере коммуникаций, которая сейчас полагается на низкочастотные фотоны микроволн и радиоволн.

Эти низкочастотные фотоны можно модулировать, то есть заставлять поток фотонов регулярным образом изменяться для того, чтобы производить с их помощью механические вибрации диафрагмы, которые, в свою очередь, порождают звуковые волны в воздухе. Аналогично с помощью колебаний электрического тока можно порождать свет с изменяющейся заданным образом интенсивностью. Таким образом мы получаем радио и телевизионное изображение, тоже сопровождаемое звуком.

Чтобы сигналы разных передач не путались между собой, их следует передавать с помощью фотонов достаточно сильно различающихся между собой частот. В низкочастотном диапазоне спектра таких четко разделяемых участков мало, поэтому количество теле- и радиоканалов, способных вещать в длинноволновом диапазоне, ограниченно.

Если же использовать в качестве передаточных волн свет, частота которого гораздо выше, то появится возможность для передачи гораздо большего количества различных сигналов одновременно. Для наглядности представим себе, что диапазон радиоволн — от 1 до 10, а диапазон световых волн — от 1 000 000 000 до 10 000 000 000. И в том и в другом случае последняя цифра в десять раз больше, чем первая, но в первом случае в разницу между ними укладывается только десять целых чисел, а во втором — девять миллиардов и одно.

Для того чтобы служить каналом передачи информации, излучение должно иметь упорядоченную частоту и четкую направленность. Добиться этого от длинных радиоволн было несложно, но для очень коротких и высокочастотных световых волн — невозможно. Пока не появился лазер. Остается проблема модуляции световых волн лазерного луча, но над ней сейчас активно работают. В 1965 году в Нью-Йорке была создана рабочая установка, в которой по одному лазерному лучу толщиной в карандаш через целую комнату транслировались семь телевизионных каналов одновременно.

Придет ли время, когда лазерный луч будет

служить человечеству, направляемый и усиливаемый с помощью специальных коммуникационных космических спутников? Если это случится, то таким образом можно будет передавать все существующие в мире теле- и радиоканалы и останутся ресурсы еще на сколько угодно новых.

Атмосферные помехи не будут оказывать никакого влияния в космосе. Космические корабли и орбитальные станции смогут основывать на лазерной связи все коммуникации друг с другом и со станциями на безвоздушных небесных телах (например, на Луне).

Передавать таким образом можно не только словесную информацию. Будучи абсолютно прямым, лазерный луч может стать средством четкого географического позиционирования одного корабля или станции по отношению к другому такому же объекту. Более того, отразившись от обследуемого объекта, луч немного изменит свою частоту в зависимости от того, удаляется объект или приближается, и насколько быстро при этом движется. Таким же образом по изменению частоты луча можно будет определить, вращается ли обследуемый объект, и если да, то с какой скоростью.

Конечно, запустить для обследования далекого

предмета можно и обычный свет — если только его удастся каким-то образом сжать в плотный луч, обладающий достаточной энергией, чтобы преодолеть большое расстояние и вернуться обратно отраженным без значительных потерь. Но обычный свет состоит из фотонов столь широкого спектра частот, что в нем невозможно будет заметить те малые изменения частот, о которых идет речь. Представим себе толпу людей, где все куда-то спешат по своим делам. Если каждый в такой толпе сделает шажок влево, скорее всего, на фоне общего мельтешения это пройдет незамеченным. Если же колонна марширующих солдат сдвинется на тот же шаг влево, то это невозможно будет упустить. Думаю, аналогия достаточно наглядна.

Так что вполне вероятно, что к тому моменту, когда космическая эра достигнет своей зрелости, все коммуникации, которые неизбежно при этом возрастут до невероятных объемов, будут осуществляться с помощью лазерных лучей. Лучи эти будут непрестанно сновать в пространстве от одного форпоста человечества к другому. Скорее всего, без использования лазера полноценное освоение космоса попросту не состоится.

Но давайте спустимся с небес на землю. Область

применения лазера, лежащая в самой ближайшей перспективе, — фотография. При обычном фотографировании свет записывается на пластинку или пленку благодаря оказываемому им воздействию на соответствующие химикаты. Чем ярче свет, тем сильнее его воздействие. Значит, на химических веществах образуется рисунок, соответствующий тому шаблону света и теней, который отображают световые волны, испускаемые или отражаемые предметом. Этот рисунок и есть фотография.

Теперь предположим, что лазерный луч попадает на зеркало, а с зеркала отражается без искажений на фотографическую пластинку. Одновременно с этим другой лазерный луч отражается от некоего фотографируемого предмета и тоже попадает на фотопластинку, но уже в искаженном виде. Искажение объясняется тем, что поверхность предмета неровна и отражается только часть луча, а другая часть — поглощается при попадании на предмет. Кроме того, отраженная часть луча еще и рассеивается, отражаясь в различных направлениях.

На фотографической пластинке оба луча, сохранившийся и искаженный, встречаются. При этом записывается, как и при обычной фото-

графии, общая яркость света. При пересечении и наложении друг на друга волн обоих лучей тоже вырисовываются точные подробности фотографируемого предмета. Такое наложение называется «интерференцией». На пластинке в таком случае запишется не только яркость света, но и шаблон интерференции.

Физики теоретически предполагали такую возможность уже много лет назад, но обычный свет не подходит для таких целей. Многочисленные разночастотные фотоны обычного света, двигаясь в различных направлениях, произвели бы такую мешанину интерференции, что извлечь из нее полезную информацию оказалось бы просто невозможно.

Но вот с помощью лазерного луча уже можно воспроизвести четкий рисунок интерференции, зависящий только от природы фотографируемого предмета. На пластинке сохраняется информация и о яркости света, и об интерференции — и такой фотографический процесс получил название «голография», где «голо-» означает «целостный».

Но при взгляде на саму пластинку мы ничего пока не поймем. Рисунок интерференции — микроскопичен.

Если теперь через эту пластинку, именуе-

мую голограммой, пропустить лазерный луч, то образуется изображение, соответствующее первоначально сфотографированному предмету. Оно может быть частично трехмерным, если сфотографировать его под разными углами. Впервые это было осуществлено в 1964 году, а к 1966-му уже отпала необходимость в лазерном луче для создания изображения — теперь это можно делать и с помощью обычного света, так что весь процесс стал дешевле и практичнее. Однако в целом лазерный луч все же остается необходимым — для воспроизведения самой голограммы.

Теперь можно сфотографировать голографическим образом быстро движущийся предмет или, скажем, короткоживущий предмет, чтобы потом не торопясь изучить его голограмму (предоставляющую, понятно, гораздо более подробную информацию, чем просто фотография). Да и подробности на голограмме просматриваются гораздо четче, так что ученые ждут не дождутся появления микроскопической голографии, чтобы с небывалой прежде ясностью изучить микромир.

А может быть, придет день, когда голография будет настолько хорошо разработана, что полноценное трехмерное изображение можно будет

транслировать по телевидению. Тогда на смену плоскому черно-белому изображению придет полностью правдоподобное трехмерное цветное представление.

Дождемся ли мы, чтобы при очередном конкурсе на звание «мисс Америка» красотки дефилировали из одного угла нашей собственной комнаты в другой? Даже если не забывать о том, что это лишь бестелесные изображения, бесплотные порождения лучей света, — все равно было бы неплохо!

Глава 12
ОКЕАН-ШАХТА

Наши шахты истощаются. При этом население растет скачкообразными темпами, а промышленность — еще большими, так что полезных ископаемых Соединенных Штатов хватит ненадолго. Самые богатые наши месторождения меди исчерпаны. Приходится искать способы довольствоваться более бедными рудами.

Но все не так уж плохо. Что касается некоторых видов полезных ископаемых, то их самое богатое и обширное месторождение находится прямо у наших дверей и к его разработке никто еще даже

не приступал.

Речь идет об океане.

Площадь Мирового океана — более 360 000 000 квадратных километров, он занимает около семи десятых всей земной поверхности. Его средняя глубина — 3,7 километра, так что приблизительно можно сказать, что общий запас морской воды на Земле — 1 332 000 000 кубических километров.

Месторождением полезных ископаемых океан можно считать благодаря тому факту, что все эти миллионы кубических километров состоят не из одной лишь воды. Каждый, кто хоть раз в жизни купался в океане, знает, что океан — это не только вода. У «просто воды» вкус совершенно не такой.

На самом деле собственно вода составляет 96,75 процента состава океанской воды, а в этих 96,75 процента растворено 3,25 процента твердых веществ. Это очень много в абсолютном исчислении, — чтобы осознать, насколько много, нам не нужно даже рассматривать весь океан. Обойдемся и бассейном морской воды.

Итак, представим себе бассейн 15 метров в длину и 9 метров в ширину средней глубиной 1 метр 80 сантиметров. Если наполнить его морской водой, то в него поместится 285 тонн жидкости и

девять с четвертью тонн из них будут составлять растворенные в воде твердые вещества. Если теперь всю воду из бассейна выпарить, то на дне останется девять с четвертью тонн осадка. Немало для скромного бассейна, верно?

Как явствует из вкуса морской воды, большую часть растворенных в ней твердых веществ составляет обычная поваренная соль — хлорид натрия. Так что одной поваренной соли на дне нашего бассейна останется 7,75 тонны; кроме этого, еще три четверти тонны будут весить соединения хлора с другими веществами, не с натрием.

Но даже если отбросить хлористые соединения, в нашем высушенном бассейне все еще останется три четверти тонны веществ, не имеющих отношения ни к натрию, ни к хлору. После соответствующей обработки из этого остатка мы извлечем 340 килограммов магния, 225 килограммов серы, 105 килограммов кальция, 100 килограммов калия, 16 килограммов брома и около 12 килограммов прочих веществ, среди которых — практически все элементы таблицы Менделеева: медь, серебро, золото, уран и даже радий.

Разумеется, не все так просто. Чтобы извлечь минералы из океана, необходимо собрать от-

дельные рассеянные атомы, а для этого требуется затратить энергию. Чем меньше концентрация искомого вещества в растворе, тем больше необходимо энергии затратить на его извлечение. От этого никуда не деться.

К счастью, во многих случаях само Солнце уже выполнило за нас часть работы. Периодически в результате геологических процессов получается так, что неглубокое море оказывается отрезанным от океана вздыбившейся косой суши. Если климатические условия способствуют тому, чтобы вода в получившемся внутреннем море испарялась быстрее, чем реки способны восполнять ее запасы, то оно постепенно высыхает и содержащаяся в нем соль становится все более сконцентрированной. В конечном итоге море может пересохнуть полностью, оставив после себя на поверхности все когда-то растворенные в ней твердые вещества.

Соляные копи — это остатки высохших когда-то морей. А нам известно, как велико значение соли. Ее не только кладут в пищу (что, впрочем, уже само по себе необходимо). Для нее существуют сотни способов промышленного применения. Именно поваренная соль является главным сырьем для производства таких важных хими-

ческих веществ, как газообразный хлор, соляная кислота, гидроксид натрия, карбонат натрия, и многих других, каждое из которых, в свою очередь, тоже имеет множество применений.

Если внутреннее море пересыхает медленно, то соль откладывается слоями. Это происходит потому, что хлористый натрий — одна из самых слаборастворимых солей, содержащихся в морской воде. И она же присутствует в море в наибольшей концентрации. Поэтому по мере постепенного высыхания моря хлористый натрий начинает выпадать в осадок уже тогда, когда для сохранения других веществ в растворенном виде воды еще вполне достаточно. А на последних стадиях высыхания моря уже и другие вещества начинают осаждаться поверх хлористого натрия. Таким образом, Солнце не только отбирает минералы у моря для нас, но даже сортирует их для нашего удобства.

В качестве известного примера процесса подобного расслоения можно назвать соляные месторождения под Стассфуртом в Германии. Это было самое лучшее в мире месторождение калиевых солей, и поэтому калиевые соли в Германии стоили дешевле, чем где-либо в мире. На севере Чили есть высохшие соляные озера, которые

служат богатыми источниками нитрата натрия и нитрата калия. До Первой мировой войны эти месторождения служили главным источником нитратов, необходимых для производства удобрений и взрывчатых веществ.

Существуют также и соляные озера, еще не пересохшие окончательно. По периметру этих озер уже образовались соляные месторождения, а вода в них содержит очень высокие концентрации растворенных веществ. Самыми известными примерами такого рода являются Мертвое море в Израиле и Большое Соленое озеро в штате Юта. Минералы Мертвого моря — важный ресурс Израиля.

Кроме того, на свете есть множество солончаков и подземных водоемов с соленой водой, из которых добывают в промышленных масштабах, к примеру, йод.

Но вернемся к самому океану — насколько реально действительно добывать минералы непосредственно из него? Смогут ли ученые разработать искусственный аналог процессу пересыхания?

Возможно. Как минимум два вещества уже добываются из морской воды в необходимом количестве.

Одно из них — магний. Его атомы являются третьими по распространенности в морской воде после атомов натрия и хлора. Извлекают его следующим образом: морскую воду закачивают в огромные резервуары, куда добавляют окись кальция (негашеную известь). Кстати, сама окись кальция берется тоже из моря, ведь ее получают путем прокаливания раковин устриц. Окись кальция вступает в реакцию с водой и растворенными в ней ионами магния, в результате чего образуется гидроксид магния и выпадает в осадок.

Этот осадок отфильтровывают и путем реакции с соляной кислотой переводят в хлорид магния, который пропускают через различные фильтры и сушилки, а в конце концов с помощью электрического тока разлагают на газообразный хлор и металлический магний. Хлор впоследствии снова включается в состав соляной кислоты и используется для обработки следующей партии гидроксида магния.

Второе вещество, получаемое человеком из морской воды, — бром. Бром добывать труднее, чем магний, ведь его концентрация в океане в двадцать раз меньше. Однако задача по его сбору тоже уже решена учеными.

Для этого сначала окисляют большой объем морской воды, а потом добавляют в нее хлор в газообразном виде. (И хлор, и соляная кислота сами также добываются при этом из морской соли.) Хлор вступает в реакцию с ионами брома, содержащимися в морской воде, и в этом состоянии его можно «выдуть» из воды. То есть сквозь морскую воду пропускается воздух, который, поднимаясь наверх, «прихватывает» с собой некоторое количество паров брома. Этот воздух пропускают через трубы, устланные карбонатом натрия. Газообразный бром при этом поглощается с образованием бромистого натрия и бромата натрия. После того как бром концентрируется таким образом в малом объеме, его уже легко оттуда извлечь.

Существует еще и третье вещество, добываемое тоже из морской воды, но не так напрямую. Это йод. Содержание в мировом океане йода в тысячу раз меньше, чем содержание в нем брома. Во взятом нами для примера бассейне после выпаривания останется пуд брома, но вот йода там окажется чуть менее пятнадцати граммов. Для рентабельной промышленной добычи этого слишком мало.

Вернее, слишком мало для добычи с использо-

ванием технологий, доступных человеку. Живым существам, обитающим в море, водорослям например, йод необходим для собственной жизнедеятельности, и они постепенно, неторопливо собирают его атом за атомом из морской воды, которой омываются. Поэтому человеку остается только собирать сами водоросли. Затем собранные водоросли сжигаются в специальной печи, и в получившейся золе уже содержится один процент чистого йода. Эта зола, содержание йода в которой в двести тысяч раз выше, чем в морской воде, является вполне подходящим сырьем для коммерчески рентабельной добычи йода. Впервые йод был обнаружен в золе от сгоревших водорослей еще в 1811 году.

Океан — неистощимый источник этих веществ. Мало того что уже содержащегося в нем количества их более чем достаточно для удовлетворения всех потребностей человечества, но даже если предположить, что человек однажды полностью опустошит океан, то дожди и реки, постоянно смывающие в него все необходимые составляющие, очень быстро снова насытят воду всеми элементами.

Скорее всего, в будущем начнется промышленная добыча из океана и других необходимых

веществ, помимо трех перечисленных. Причем не обязательно, чтобы концентрация добываемых веществ была высока. Оказалось, что на больших площадях океанского дна есть месторождения самородного магния, никеля, кобальта и меди. Разработка месторождений на дне моря станет обычным делом в будущем.

Давайте посчитаем, насколько богата и перспективна «океанская шахта». Одного кубического километра воды хватит, чтобы наполнить более четырех миллионов таких бассейнов, а кубических километров воды в океане, как я уже говорил, — 1 332 000 000. Так что неудивительно, что в океане содержится пятьсот квадриллионов (500 000 000 000 000 000) тонн твердых веществ. В том числе

2 000 000 000 000 000 тонн магния,
100 000 000 000 000 тонн брома и
75 000 000 000 тонн йода,

и этого запаса человечеству хватит надолго.

Кроме того, в океанской воде растворено и огромное количество некоторых других металлов (не считая запасов, кроющихся под морским дном). В частности, это

15 000 000 000 тонн алюминия,

4 500 000 000 тонн меди,
4 500 000 000 тонн урана,
1 000 000 000 тонн тория,
450 000 000 тонн серебра,
45 000 000 тонн ртути,
6 000 000 тонн золота и
45 тонн радия.

Однако эти огромные запасы разбросаны по всему океану, и мы еще не знаем рентабельных способов их добычи.

Глава 13
ЭВОЛЮЦИЯ АТМОСФЕРЫ

1960-е годы принесли нам новые знания об атмосфере соседних планет. Наблюдения, полученные с зондов, поднявшихся высоко над нашей собственной атмосферой, предоставили свидетельства того, что облака на Венере состоят из ледяных частиц. Mariner 4, пролетая в 1965 году мимо Марса, сообщил нам, что его атмосфера гораздо тоньше, чем считалось раньше.

Но все эти недавние наблюдения лишь подтверждают предположения астрономов, выдвинутые давным-давно. Наша земная атмосфера уникаль-

на и не похожа на атмосферу ни одной планеты из тех, что находятся в зоне досягаемости.

Атмосферы известных нам планет можно классифицировать по четырем категориям:

во-первых, у планеты или другого холодного небесного тела может вообще не быть атмосферы или атмосфера может быть столь тонкой, что различить ее из космоса невозможно;

во-вторых, атмосфера может быть богатой водородом и его соединениями и являться, таким образом, благоприятной для восстановительных реакций. Такую атмосферу можно назвать «восстановительной»;

в-третьих, атмосфера может быть богатой кислородом, и тогда ее можно назвать «окислительной»;

в-четвертых, в атмосфере может не содержаться ни водорода, ни кислорода, а только те газы, которые не участвуют ни в окислительных, ни в восстановительных реакциях. Такую атмосферу можно назвать «нейтральной».

Планеты нашей Солнечной системы (за исклю-

чением Плутона[7], об атмосфере которого мы вообще не знаем ничего) распределяются по вышеперечисленным категориям таким образом:

1) отсутствующая или почти отсутствующая атмосфера: Меркурий;
2) восстановительная атмосфера: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун;
3) окислительная атмосфера: Земля;
4) нейтральная атмосфера: Венера, Марс.

Из 31 спутника планет Солнечной системы единственный, о котором известно, что у него есть атмосфера, — это Титан, крупнейший спутник Сатурна. Его атмосфера — восстановительная. Все же остальные спутники, включая нашу Луну, атмосферы не имеют или почти не имеют.

Короче говоря, нигде в нашей Солнечной системе, кроме самой Земли, окислительной атмосферы нет. Нигде больше нет свободного кислорода.

Почему?

Начнем с рассмотрения того облака пыли и

---

[7] notes: ~ _ftn7 ~

[7] С августа 2006 года Плутон вообще не считается больше планетой Солнечной системы, согласно решению прошедшей в Праге Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза. Таким образом, сейчас считается, что в Солнечной системе всего восемь планет. (*Примеч. пер.*)

газа, из которого, как принято считать, возникла наша Солнечная система. По мнению астрономов, около 90 процентов этого облака составлял водород, а еще 9 процентов — гелий. В оставшийся 1 процент вошли кислород, неон, азот, углерод, кремний, магний, железо, сера и аргон, скорее всего, именно в таком порядке убывания концентрации, и прочие элементы — в еще меньшем количестве.

Углерод, кремний, магний, железо и сера при обычной температуре — твердые вещества и образуют друг с другом твердые же соединения (карбиды, силициды и сульфиды). По мере образования в облаке завихрений атомы и молекулы этих веществ начали слипаться с образованием сначала песчинок, затем камней, а в конце концов — и так называемых «малых планет». Вокруг этих последних со временем сформировались планеты. Что касается Земли, то на ней тяжелые металлы осели в самом ядре, а каменистые вещества образовали толстую внешнюю кору.

Водород, ввиду своего подавляющего количественного преобладания, вступал в соединение с чем угодно. Он соединялся с кислородом, образуя воду (H_20), с азотом, образуя аммиак (NH_2), с углеродом, образуя метан (CH_4), с серой, образуя

сероводород (H_2S). Вот с гелием, неоном и аргоном водороду соединяться не удавалось, поскольку эти три газа являются так называемыми «благородными» (инертными) и вообще не вступают ни в какие соединения, насколько нам известно.

Все эти вещества — водород, гелий, неон, аргон, вода, аммиак, метан и сероводород — имеют низкую температуру плавления, то есть при обычных температурах являются газами, за исключением воды, которая, впрочем, тоже представляет собой легко испаряющуюся жидкость.

При тех низких температурах, при которых образовывались планеты, некоторые из этих веществ (в первую очередь это относится к воде и аммиаку) могли быть твердыми и наравне с металлами и камнями образовывать ядра малых планет. Да и те вещества, что сохраняли газообразную форму, тоже могли попадать в эти ядра, заполняя полости в них.

Но затем в центре Солнечной системы огромная масса вещества сконденсировалась до такой степени, что внутреннее нагревание породило ядерный взрыв. Родилось Солнце.

Солнечное тепло испарило все вещества, имеющие низкую температуру кипения, и из недр формирующихся планет начали выделяться газы.

Эти газы не вступали в химическую реакцию с твердым веществом планеты — их удерживала теперь только сила тяготения. Если молекулы газа двигались медленно, то слабой гравитации оказывалось достаточно, чтобы удержать их; если же они двигались быстро, то планета теряла их.

Чем выше температура газа, тем быстрее движутся его молекулы и тем легче их потерять. Малые планеты, находившиеся близко к Солнцу, получая от него больше всего тепла, стали быстро терять атмосферу. Газы, сдуваемые солнечным ветром (состоящим из вылетающих из Солнца частиц), уносились во внешние, более холодные регионы Солнечной системы.

По мере формирования внешних планет они обретали значительную атмосферу, не только за счет собственного газа, но и за счет газа, поступающего из более теплых глубин Солнечной системы, утраченного более близкими к Солнцу планетами. Именно поэтому Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун так велики по сравнению с «внутренними» планетами. Они состоят по большей части из водорода и его соединений, которых было так много в первоначальном газовом облаке. Эти планеты имеют толстый слой восстановительной атмосферы, состоящей из водорода,

гелия, аммиака и метана.

А вот внутренняя группа малых планет полностью утратила свою первоначальную атмосферу. Свободный водород и инертные газы улетучились навсегда. Часть молекул воды, аммиака, метана и водорода осталась на планетах только за счет удержания слабыми химическими связями с твердой корой.

Но процесс образования полноценных планет из древних малых планет продолжался — планеты увеличивались и их гравитационные поля — тоже. Внутренние ядра планет нагревались, молекулы газов высвобождались из химических соединений и устремлялись наружу, вылетая на поверхность под действием внутреннего давления или в результате вулканической деятельности. Меркурий так и не увеличился до достаточных размеров, чтобы удерживать эти газы в условиях непрекращающегося нагревания со стороны близко расположенного к нему Солнца. Из-за малого размера и слабого гравитационного поля он и сейчас практически лишен атмосферы.

Другие близкие к Солнцу планеты — Венера, Земля и Марс — увеличились в размерах больше, чем Меркурий, и при этом сохраняли менее вы-

сокую температуру, так что им удалось удержать часть газов при себе. Сравнительно небольшой Марс удержал лишь тонкий слой атмосферы, Земля и Венера смогли сохранить больше. Молекулы аммиака, метана и водорода окутали Венеру, Землю и Марс тонким слоем «вторичной атмосферы», восстановительной по своим химическим свойствам.

Из недр планет вырвалась наружу и вода. Некоторое количество ее так и осталось в газообразном виде в атмосфере, но большая часть все же сконденсировалась в жидкость. На Земле медленно образовывались огромные океаны, но на Венере, которая меньше и горячее Земли, и воды осталось явно меньше, а на совсем небольшом Марсе — еще меньше.

Именно в условиях восстановительной атмосферы и зародилась жизнь. Более того, именно такая атмосфера и является обязательным условием для зарождения жизни (см. главу 9). Для того чтобы жизнь могла зародиться, сначала должны были сформироваться сложные молекулы, состоящие в основном из атомов водорода и углерода. Если бы атмосфера тогда была бы насыщена, как сейчас, свободным кислородом, то эти молекулы не смогли бы сформироваться.

Кроме того, такие молекулы могли образоваться только за счет энергетически насыщенного ультрафиолетового излучения Солнца, которое без помех обрушивалось на древнюю атмосферу и океан. Если бы в атмосфере содержался кислород, он отразил бы ультрафиолет и океан не получил бы необходимой энергии.

Да, та же самая энергия ультрафиолета, которая помогла сформироваться первым сложным углеводородным молекулам, послужила бы разрушению тех из них, что стали бы слишком сложными. Так что простейшие формы жизни, имевшие уже очень сложный молекулярный состав, могли существовать только в океане на глубине нескольких десятков метров, куда уже не проникали ультрафиолетовые лучи. В верхних слоях воды могли формироваться умеренно сложные молекулы, чтобы потом, опускаясь вниз, служить пищей первым живым существам.

Но даже по мере развития жизни на Земле атмосфера продолжала эволюционировать. Ультрафиолетовое излучение, пробиваясь сквозь атмосферу, разлагало молекулы воды на свободный водород и свободный кислород (этот процесс называется «фотодиссоциацией»).

Чем меньше масса молекулы газа, тем быстрее

она движется при любой заданной температуре и тем легче ей вырваться за пределы гравитационного поля. Атомы водорода, высвобожденные после распада молекулы воды, постепенно покидали нашу планету, улетая в межпланетное пространство.

А вот атомы свободного кислорода оказались достаточно массивны, чтобы гравитация Земли смогла удержать их. Они соединялись между собой, образуя молекулярный кислород (где каждая молекула состоит из двух соединенных между собой атомов кислорода), который далее уже вступал в соединение с другими веществами. Соединение кислорода с каменистыми веществами, содержащимися в почве, давало окислы минералов — в основном силикаты. Соединялся кислород и с атмосферными газами — аммиаком, метаном, сероводородом, образовывая в ходе реакций в первом случае азот и воду, во втором — углекислый газ и воду, а в третьем — серу и воду.

Образованная в ходе этих реакций вода также подвергалась фотодиссоциации, и процесс продолжался. Сера входила в состав твердой коры, образовывая сульфиды или в соединении с кислородом — сульфаты. Атмосферные аммиак и метан постепенно полностью перешли в азот

и углекислый газ за счет постепенного уменьшения водных запасов. Так восстановительная атмосфера сменилась нейтральной.

На Марсе аналогичный процесс на этом и закончился. Его тонкая атмосфера состоит сейчас практически целиком из углекислого газа, а водные запасы планеты снизились настолько, что воды еще хватает на образование тонких полярных ледяных шапок.

На Венере атмосфера сейчас состоит, предположительно, из азота и углекислого газа. Воды на этой планете достаточно много и сейчас, но все же ее водные запасы ученые оценивают как 1/10000 от земных.

Атмосфера Венеры всегда была толще, чем атмосфера Марса, поэтому и сейчас в ней гораздо больше углекислого газа, чем в марсианской, и это принципиально важный момент.

Углекислый газ практически не поглощает свет видимой части спектра, но инфракрасное излучение поглощает в значительной степени. Солнечный свет проходит сквозь атмосферу, содержащую углекислый газ, попадает на сушу и море и поглощается в форме тепла. Нагретая поверхность отдает часть тепла обратно в виде инфракрасного излучения, но атмосферный уг-

лекислый газ поглощает его, и тепло не уходит; в результате атмосфера нагревается.

Планета, атмосфера которой бедна углекислым газом и другими газами, поглощающими излучение, будет оставаться холодной, упуская инфракрасное излучение в космос, а другая планета, пусть даже находящаяся на таком же расстоянии от Солнца, но богатая атмосферным углекислым газом, будет, удерживая инфракрасное излучение, нагреваться. Такое действие углекислого газа называется «парниковым эффектом», поскольку стекло или пленка в парнике выполняют ту же функцию пропускания света и удержания инфракрасного излучения, благодаря чему в парнике тепло и влажно даже зимой.

По мере того как атмосфера Венеры становилась нейтральной и в ней образовывалось все больше и больше углекислого газа, температура этой атмосферы становилась все выше и выше. В конце концов температура и атмосферы и самой планеты достигла такой точки, при которой вода стала испаряться, образовывая облака. Сейчас эти облака вечно покрывают всю территорию планеты. Водяные пары тоже поглощают инфракрасное излучение, так что присутствие облачного слоя в атмосфере Венеры еще больше

усилило парниковый эффект.

Создается впечатление, что такой процесс может продолжаться и дальше, при условии, что изначально имелось достаточно воды. Кислород будет и дальше выделяться в атмосферу, а когда весь аммиак и весь метан будут превращены в азот и углекислый газ, а все каменистые вещества поверхности планеты — в силикаты, поступающий с этого момента кислород начнет накапливаться в атмосфере как таковой. Однако этого не происходит.

Как только свободный кислород попадает в атмосферу, он начинает поглощать ультрафиолетовое излучение, в процессе чего двухатомные молекулы обычного кислорода превращаются в более энергетически насыщенные трехатомные молекулы озона.

Озоновый слой образовывается в верхних слоях атмосферы и поглощает ультрафиолет. По мере накопления озона все меньше ультрафиолетовых лучей пробивается через его слой и достигает нижних слоев атмосферы, где находятся водяные пары. В конце концов фотодиссоциация прекращается. Таким образом, фотодиссоциация — это процесс саморегулирующийся. С ее помощью восстановительная атмосфера может превратиться

в нейтральную, как и произошло на Марсе и на Венере, но не в окислительную.

Как же получилась окислительная атмосфера на Земле?

Сначала на Земле имела место такая же фотодиссоциация, как и на Венере, только, наверное, она проходила медленнее, так как Земля находится дальше от Солнца и получает меньше ультрафиолета. Но запасы воды на Земле все равно уменьшались, а атмосфера ее постепенно становилась нейтральной, так что планета потеряла в конечном итоге около половины от общих своих запасов воды. К счастью, Земля могла себе это позволить — на ней осталось еще достаточно воды, чтобы хватило на тот океан, который мы имеем сегодня.

Но на этом процесс на Земле, в отличие от Венеры, не закончился. Появился новый фактор, связанный с эволюцией океанских живых форм первобытной Земли. Без этого фактора первые формы жизни ждал бы невеселый конец — появись они на Марсе, им оставалось бы лишь безропотно ждать, пока пересохнут дающие им жизнь водоемы, а возникни они на Венере — быстро сварились бы насмерть в кипящей воде перегретой планеты.

Земную жизнь ждала бы такая же печальная участь, если бы не пришло неожиданное избавление. В то время существовала еще только одноклеточная жизнь, не сложнее современных бактерий. Эти существа безвольно плавали в океане на определенной глубине, питаясь кусочками сложных молекул, падающими сверху. Питание первобытных одноклеточных зависело от того, с какой скоростью ультрафиолетовое солнечное излучение может производить для них пищу.

И вдруг появилась молекула, которую мы знаем под названием «хлорофилл». Эта молекула строится вокруг сложного, но стабильного атомного кольца, которое создается из более простых молекул под воздействием ультрафиолетового света. Иногда у такого кольца появляются короткие радикалы — цепочки атомов, торчащие в разные стороны от самого кольца. Из определенного сочетания таких радикалов и получился хлорофилл — вещество, способное поглощать свет видимой части спектра, лучше всего красной. Зеленый свет хлорофилл отражает, так что внешне он имеет яркий зеленый цвет. Поглощая видимый свет, хлорофилл получает из него энергию, и эта энергия производит определенные химические изменения.

Когда в клетках живых существ появился хлорофилл, они обрели важный инструмент, позволивший им делать то, чего они раньше никак не могли. Теперь первобытные одноклеточные получили возможность, поглощая энергию видимого света, проводить с ее помощью ряд химических реакций, заканчивающихся образованием сложных пищевых молекул, которыми клетка может питаться, не дожидаясь получения пищи извне. Этот процесс известен нам как фотосинтез.

Одним из следствий распространения фотосинтеза стало то, что теперь энергия уже видимого света стала широкомасштабно использоваться для разложения воды на водород и кислород. В отсутствие хлорофилла видимый свет, энергетическое содержание которого ниже, чем ультрафиолетового, таких реакций вызывать не может.

Под воздействием множества клеток, оснащенных хлорофиллом, вода распадается гораздо быстрее, чем под действием ультрафиолета. Клетки, в которых использовался хлорофилл, получали больше пищи и размножались быстрее, чем клетки, в которых хлорофилла не было. Со временем, по прошествии множества лет, прак-

тически все первобытные живые существа стали использовать хлорофилл, и фотосинтез стал основным способом существования. Поскольку хлорофилл зеленого цвета, то и все живое на Земле позеленело.

Может показаться, что фотосинтез должен был лишь ускорить процесс распада воды и приблизить тем самым переход от восстановительной атмосферы к нейтральной. Но нет, фотосинтез способен на большее!

Теперь стадия нейтральной атмосферы перестала быть конечной для эволюции. После окончательного формирования нейтральной атмосферы и появления излишков кислорода в свободном виде в верхних слоях атмосферы действительно сформировался защитный кислородный, а затем и озоновый слой. Ультрафиолетовое излучение перестало достигать поверхности планеты, и фотодиссоциация прекратилась. Но видимый свет по-прежнему продолжал проникать в глубь атмосферы, и фотосинтез продолжался. Фотосинтез, в отличие от фотодиссоциации, не саморегулирующийся процесс в этом отношении. В воздух выделялось все больше и больше кислорода, и атмосфера Земли, пройдя стадию нейтральности, стала окислительной.

Пусть так, но почему углекислый газ, накапливаясь в атмосфере, не привел к парниковому эффекту и земные океаны не закипели, подобно венерианским?

К счастью, распад молекул воды не единственная химическая реакция, вызываемая фотосинтезом. Образующиеся в результате распада молекулы водорода не попадают в атмосферу, чтобы потом постепенно улетучиться в космос. Вместо этого, водород принимает участие в ряде химических реакций, заканчивающихся соединением его с углекислым газом для образования крахмала и других составляющих растительных клеток.

Таким образом, фотосинтез, хоть и приводит к выбросу в атмосферу кислорода, не выбрасывает при этом и водород, а использует его для очистки атмосферы от углекислого газа. В итоге земная атмосфера стала практически полностью состоять из азота и кислорода.

Когда именно все это происходило — точно неизвестно. Самые правдоподобные предположения, основанные на химическом составе древних камней, говорят о том, что свободный кислород появился в атмосфере один-два миллиарда лет назад, а жизнь на Земле к тому моменту уже

существовала еще один-два миллиарда лет.

Примерно 600 000 000 лет назад количество кислорода в атмосфере составляло уже как минимум одну десятую от сегодняшнего. Это вызвало биологическую революцию, и наступил, по терминологии геологов, кембрийский период.

До кембрийского периода, когда в атмосфере не было или почти не было кислорода, простейшие формы жизни получали энергию из сложных органических молекул путем разложения их на более простые без произведения каких-либо принципиальных изменений в их химическом строении. Такой процесс называется «ферментация».

Однако, когда в атмосфере появилось более-менее значительное количество кислорода, живые существа, в метаболизме которых используется объединение питательных веществ с атмосферным кислородом, смогли получать из того же количества питательных веществ в двадцать раз больше энергии.

Получение доступа к такому объему энергии стало для жизни сильнейшим толчком к развитию. За сто миллионов лет кембрийского периода появились первые сложные живые формы и разнообразие их многократно возросло.

Возникли первые многоклеточные организмы из собравшихся воедино клеток. Оказавшись в составе таких организмов, определенные группы клеток получили возможность специализироваться. Некоторые из них научились быстро сокращаться, другие — проводить электрические импульсы. Так появились мышцы и нервы. Для придания организму структуры, не позволяющей погибнуть под собственной тяжестью, а заодно и для защиты от внешних воздействий появились раковины и другие жесткие конструкции. Казалось, нет предела изобретательному разнообразию форм жизни, получившей наконец-то доступ к настоящим объемам энергии.

Эти раковины и другие жесткие конструкции оставались и после смерти самого организма и за тысячи лет окаменели. Камни кембрийского периода хранят очень много подобных останков, именуемых «окаменелостями», в то время как в камнях, датируемых более ранними периодами, окаменелости отсутствуют.

Предположительно, примерно 400 000 000 лет назад содержание кислорода в атмосфере достигло сегодняшнего уровня. Озоновый щит прочно прикрывал планету, и ультрафиолетовые лучи достигали ее поверхности в столь малом

количестве, что живые формы вполне могли долго находиться на открытом солнце без вреда для себя.

Тогда живые существа впервые в истории вышли на сушу, чтобы заселить континенты.

Но эволюция атмосферы не закончилась, придя к сегодняшнему состоянию. Содержание то одного, то другого вещества в ней периодически колебалось, и самые важные последствия имели колебания содержания углекислого газа.

Сегодня углекислый газ составляет лишь 0,03 процента атмосферы, но его значение непропорционально велико. Не только потому, что он представляет собой единственный продукт питания всей растительной (а следовательно, и животной) жизни на Земле, но и ввиду обеспечиваемого им парникового эффекта. Даже небольшие колебания концентрации углекислого газа могут оказывать сильное влияние на температуру Земли.

В истории были периоды, когда благодаря вулканической активности по всей планете в воздух выбрасывалось необычно большое количество углекислого газа и его концентрация несколько повышалась. В атмосфере накапливалось при этом чуть больше тепла, и Земля начинала нагре-

ваться. В тепле и в условиях большого количества углекислого газа по всей планете начинался расцвет растительной жизни, сушу устилали густые леса. Именно после таких периодов и появлялись угольные и нефтяные месторождения, обязанные своим происхождением живым существам таких лесов.

А бывало и так, что в периоды активного горообразования огромные объемы каменистой породы выталкивались из недр Земли на поверхность. Вещества этих новых гор, ранее никогда не входившие в контакт с воздухом, начинали вступать в соединение с атмосферным углекислым газом для образования карбонатов. В результате количество свободного углекислого газа в атмосфере падало, парниковый эффект ослабевал и Земля остывала. Если она остывала ниже определенного порога, начинался ледниковый период. Сейчас мы находимся в конце затянувшегося периода горообразования и нашествия ледников.

Однако теперь человечество и само, посредством собственных технологий, оказывает влияние на климат.

Человек добывает из земли уголь и нефть, которые откладывались миллионами лет, и сжигает все за пару веков. При этом снова образовывается

углекислый газ, тысячи лет назад встроенный растениями в собственные ткани, ставшие потом углем и нефтью.

Ежегодно сжигается шесть миллиардов тонн угля, нефти и природного газа, и уровень углекислоты в атмосфере медленно растет (несмотря на то что в основном она растворяется в океане и потребляется растениями). Подсчитано, что если темпы производства человеком углекислого газа останутся на прежнем уровне, то к 2000 году его будет содержаться в атмосфере на 25 процентов больше, чем сейчас, а к 2300 году — вдвое больше.

От наличия в воздухе 0,06 процента углекислого газа никто из нас не отравится, конечно, но что же произойдет с парниковым эффектом? Средняя температура на Земле медленно поползет вверх. Она уже несколько поднялась в первой половине XX века, возможно, именно благодаря увеличению содержания углекислого газа в воздухе.

Если на Земле станет чуть теплее, можно ожидать таяния полярных льдов, в результате чего уровень воды в Мировом океане поднимется. Даже если считать, что увеличившееся давление воды продавит океанское дно, все равно после полного таяния ледниковых шапок уровень моря

будет метров на 60 выше, чем сейчас.

Все прибрежные территории континентов, где сейчас проживает больше всего людей, окажутся затопленными. Правда, по предварительным подсчетам, даже при самом резком развитии ситуации полностью полярные шапки растают не быстрее чем лет за 400, так что у человечества будет время подготовиться. Например, справиться с ситуацией помог бы полный отказ от сжигания угля и нефти в пользу применения атомной энергии. Специально разработанные устройства для широкомасштабного устранения углекислого газа из атмосферы могли бы остужать Землю, а по океанам можно было бы рассеивать вещества, с помощью которых удавалось бы эффективнее отражать солнечный свет.

В качестве последнего средства можно было бы переселить людей из некоторых районов поближе к полюсам — ведь эти пустынные сейчас местности смогут в случае потепления прокормить множество людей.

Атмосфера Земли, не раз уже устраивавшая кризисные ситуации всему живому на нашей планете, грозит уже в ближайшем будущем разразиться еще одним небывалым кризисом.

Глава 14
АТМОСФЕРА ЛУНЫ

Сейчас, когда запущенные человеком космические аппараты приближаются к Луне, кружатся вокруг нее, опускаются на нее и мы готовимся к тому, чтобы высадить на Луну человека, нам полезна любая информация о Луне, какую мы только можем получить. Вот что мы можем сказать, к примеру, об атмосфере Луны?

Вы скажете, что на Луне нет атмосферы.

Да, действительно, ничего даже отдаленно напоминающего земную атмосферу на Луне нет. И все же что-то на ней присутствует. Она не может вообще не иметь атмосферы. Вот как это можно показать.

Земля состоит из двух радикально различающихся между собой частей (как яйцо, состоящее из центрального желтка и окружающего его белка). «Желтком» Земли является никелево-железное ядро, плотность которого примерно в десять раз больше плотности воды. Его окружает «белок» — силикатная кора, плотность которой мала — всего втрое больше плотности воды.

Соответственно, средняя плотность Земли представляет собой значение среднее между этими двумя цифрами — в 5,5 больше плотности воды (или 5,5 грамма на кубический сантиметр).

Плотность Луны — 3,3 грамма на кубический сантиметр. Для того чтобы иметь настолько меньшую, чем Земля, плотность, Луна должна быть лишена какого-либо крупного ядра из железа и никеля и представлять собой практически сплошной силикат.

Логично предположить, что по химическим элементам состав Луны сходен с составом земных горных пород. И то и другое формировалось в одно и то же время и из одних и тех же материалов. Если в земной коре содержится 2 процента калия, то и от Луны (целиком) следует ожидать того же.

Масса Луны — 73 430 000 000 000 000 000 000 килограммов, то есть, грубо округляя, 80 квинтиллионов тонн. Масса лунного калия (в первом приближении) — 1 800 000 000 000 000 000 000 килограммов, или почти 2 квинтиллиона тонн.

Существует три вида атомов калия. Два из них, калий-39 и калий-41, составляют примерно 99 процентов от общих запасов калия. Однако 0,0119 процента от всего калия существует в виде редкого изотопа, калия-40, обладающего интересными

свойствами. Общая масса калия-40 на Луне может составить 214 000 000 000 000 000 килограммов, или 214 триллионов тонн.

Необычное свойство калия-40 — это его радиоактивность. Период полураспада этого элемента — 1,3 миллиарда лет, что означает, что за такой срок половина существующих атомов калия-40 распадется. Большинство распадающихся атомов (точнее, 89 процентов) отдают один электрон и становятся стабильными атомами кальция-40. Однако ядро остальных 11 процентов, напротив, принимает электрон из окружающей среды, и эти атомы становятся, таким образом, стабильными атомами аргона-40.

Когда известен период полураспада радиоактивного вещества, легко подсчитать скорость его распада в единицу времени. На Луне каждую секунду распадается 3600 граммов калия-40, в результате чего каждую секунду образуется 3240 граммов кальция-40 и 360 граммов аргона-40.

Именно аргон-40 нас интересует в первую очередь, поскольку аргон — это газ, а значит, на Луне идет постоянный процесс образования собственной атмосферы. Да, 360 граммов — это немного, но это ведь только за одну секунду, а сколько их проходит, этих секунд…

Не стоит забывать, что раньше на Луне, как и везде, было больше калия-40 — 1,3 миллиарда лет назад его было вдвое больше, чем сейчас, а четыре миллиарда лет назад — в восемь раз больше.

Если подсчитать, сколько аргона было образовано за те четыре миллиарда лет, в течение которых Луна является твердым телом, с учетом того, что с самого начала калия-40 было в несколько раз больше, то получится, что всего за все это время было образовано 150 000 000 000 000 000 килограммов, или около 150 триллионов тонн аргона.

Для сравнения — это почти в три раза больше аргона, чем имеется в нашей собственной атмосфере (куда он попал и продолжает попадать точно таким же образом — формируясь из калия-40).

Если бы весь этот аргон сейчас присутствовал на поверхности Луны, на ней имелась бы сейчас атмосфера с массой равной 1/30 земной атмосферы. Кроме того, поскольку площадь поверхности Луны в шестнадцать раз меньше площади поверхности Земли, ее атмосфера имела бы при этом плотность всего в два раза меньше земной.

Однако, как нам хорошо известно, на Луне атмосферы нет. Что же случилось с производимым

Луной аргоном?

Во-первых, калий-40 все же распределен по всей массе Луны. Аргон, образуемый во внешних слоях лунной почвы, еще может каким-то образом выбраться наружу, но, формируясь в более глубоких слоях, он оказывается в ловушке, из которой не в силах выбраться. (Аргона, вырабатываемого на Земле, это тоже касается. Общее количество аргона, замурованного в земной коре, как минимум в пять, а возможно, и в пятнадцать раз больше, чем аргона, имеющегося в атмосфере.)

Но ведь даже и 1/15 вырабатываемого на Луне аргона хватило бы, чтобы на ней сейчас существовала атмосфера плотностью 3 процента от земной, а этого мы не наблюдаем.

Действительно, есть и еще одна причина. Гравитационное поле Луны в шесть раз меньше, чем Земли. У него просто не хватает сил удержать вырабатываемый аргон. Луна теряет свой аргон почти с той же скоростью, с какой он просачивается наружу сквозь поры лунного грунта.

Почти с той же, но не совсем! На то, чтобы улетучиться с Луны, аргону требуется некоторое время, так что вблизи лунной поверхности всегда существует некоторое небольшое количество аргона.

На самом деле, наблюдая за радиоволнами, испускаемыми различными небесными телами, астрономы давно обратили внимание на свойства волн, которые по пути к Земле задевали Луну. Эти волны приходили в слегка искаженном виде, и было подсчитано, что причиной таких искажений может быть лунная атмосфера, состоящая из заряженных частиц и имеющая плотность в десять триллионов раз меньше, чем земная атмосфера.

Немного — но хоть что-то!

Глава 15
ЧЕЛОВЕК И СОЛНЦЕ

Древние люди обожествляли Солнце. Эхнатон, фараон Египта с 1375 по 1358 год до н. э., поклонялся Солнцу и написал ему хвалебный гимн, сохранившийся по сей день. Пятнадцать веков спустя, когда в Римской империи набирало силу христианство, его главным конкурентом был митраизм — культ Солнца.

И действительно, если уж какой-то неодушевленный предмет и заслуживает поклонения — то это Солнце! Благодаря ему на Земле происходит смена дня и ночи, послужившая первобытному

человеку для получения представления о времени. Именно Солнце несет нам тепло и жизнь, и каждый рассвет люди встречали с радостью, поскольку свет снова и снова приносил им избавление от ужасов ночи. Если свет Солнца бледнел и тускнел, как, например, зимой, то вокруг сгущались лед и смерть. Неудивительно, что если солнечный диск вдруг что-то закрывало прямо посреди ясного дня, то всех, кто это видел, охватывала паника.

Современная наука с еще большей ясностью показала, насколько мы зависим от Солнца. Если не считать вулканического тепла и ядерных реакций, все используемые нами источники энергии восходят в конечном итоге к Солнцу. Океаны сохраняют жидкое состояние только благодаря солнечному теплу, а выпариваемая этим теплом вода возвращается к нам животворным дождем. Нагревание атмосферы обеспечивает нам ветер и перемену погоды.

Солнечные лучи предоставляют энергию, необходимую зеленым растениям для того, чтобы производить крахмал из углекислого газа и свободный кислород — из воды. Получается, что и пища, которую мы едим, и кислород, которым мы дышим, — это все дары Солнца.

Что же представляет собой это Солнце, которому мы стольким обязаны? Мы видим перед собой шар света, шар чистого и совершенного света, невесомый и божественный — именно таким и считали Солнце древние. Один древнегреческий астроном в свое время с помощью геометрических выкладок показал, что Солнце должно быть больше самой Земли, а значит, Земля вращается вокруг Солнца, но такую очевидную чушь в то время даже слушать никто не стал.

Однако восемнадцать столетий спустя появился польский астроном Николай Коперник, и в 1543 году он опубликовал подробную теоретическую схему вращения Земли вокруг Солнца. После ста лет споров его точка зрения наконец восторжествовала. В 1610 году итальянский ученый Галилей поспособствовал такой смене понятий, указав, что на Солнце есть черные пятна, а значит, оно не так уж совершенно и является материальным телом, а не божественной субстанцией.

Позже, в 1683 году, английский ученый Исаак Ньютон разработал теорию всемирного тяготения, и человечество узнало, чем еще обязано Солнцу. Огромное солнечное тело охватило своим гравитационным полем миллиарды ки-

лометров пространства вокруг себя, и именно благодаря силе этого поля Земля ровно кружится вокруг Солнца, не приближаясь к нему слишком близко и не удаляясь слишком далеко. Солнце держит Землю бережно и заботливо, как мать — младенца на руках.

По представлениям современной науки, Солнце — это материальный шар 1 390 473 километров в диаметре, совершающий оборот вокруг своей оси за двадцать пять дней. По сравнению с ним Земля — как горошина рядом с баскетбольным мячом. Если бы Солнце было полым, в него уместилось бы миллион с четвертью планет размера Земли, и еще место бы осталось. Правда, плотность материи на Земле несколько больше, чем на Солнце, так что для того, чтобы набрать материала на новое Солнце, потребовалось бы всего 333 000 таких планет, как Земля.

Самые мелкие части Солнца, которые мы можем разглядеть, на самом деле чудовищно огромны. Материя его верхних слоев, нагретая до температуры в 5000 °C, находится в постоянном движении, одни ее части поднимаются наверх, другие — опускаются вниз, создавая впечатление рисовой каши. Но каждое рисовое зернышко в ней имеет диаметр в тысячи километров.

На поверхности Солнца образуются гигантские завихрения с сильными магнитными свойствами. Энергия на создание этого магнетизма и прочих сильных помех берется из температуры самого Солнца. Поэтому вихри остывают до 4000 °С. По обычным меркам, это, конечно, горячо, но по сравнению с окружающей солнечной поверхностью они так холодны, что снаружи кажутся на общем фоне черными пятнами. Именно эти солнечные пятна и заметил в свое время Галилей.

Эти солнечные пятна, завихрения на Солнце, имеют тысячи километров в диаметре. Диаметр одного из них, измеренный в 1947 году, оказался равен 84 000 километров. Такую гигантскую воронку не смогли бы остановить и три дюжины планет, равных Земле.

Появление солнечных пятен — явление циклическое. Их количество год от года растет, пока не достигнет пика, во время которого лик Солнца испещрен оспинами. Затем интенсивность солнечных пятен идет на спад. Полный цикл занимает одиннадцать лет.

В период наибольшего количества солнечных пятен наиболее высока и активность Солнца по выбросу материи на тысячи километров в пространство против собственной силы гравитации.

Эти вылетающие сгустки красного пламени называются «протуберанцами». Невооруженным глазом их не заметить, но с помощью современных инструментов, позволяющих «отключить» сияние самого солнечного диска, можно увидеть те из них, что отлетают в направлении перпендикулярном плоскости наблюдения.

Иногда сияние солнечного диска отключается для наблюдателя и естественным образом. Речь идет о солнечных затмениях. Они случаются, когда Луна проходит ровно между Солнцем и Землей. По странному совпадению крошечная Луна находится от нас ровно на таком расстоянии, чтобы ее видимый размер в точности совпадал с видимым размером огромного Солнца. Поэтому, когда Луна проходит между Землей и Солнцем, совпадение получается почти идеальным.

Когда это случается (что, к сожалению для астрономов, бывает нечасто), само раскаленное добела Солнце заслоняется от нас, а чуть светящаяся внешняя атмосфера Солнца становится похожей на жемчужно-белый туман. Это — солнечная корона, окружающая солнечный диск, очень горячий, но очень разреженный газ. Лишь в последние двадцать лет наблюдения с космических аппаратов предоставили сведения о том,

насколько она на самом деле горяча — больше миллиона градусов по Цельсию. Этого достаточно, чтобы, помимо обычного света, солнечная корона излучала и в диапазоне рентгеновских лучей. Однако вещество солнечной короны очень разрежено в пространстве, и поэтому, несмотря на высокую температуру, в целом содержание тепла в ней невелико.

Астрономы полагают, что в самом начале развития Солнечной системы материя, из которой она состоит, представляла собой разреженное облако пыли и газа, медленно кружащееся и сокращающееся под действием собственных гравитационных сил.

По мере того как материя сжималась к центру, температура центра все возрастала. Это неизбежное явление. Даже сжатие воздуха в ручном насосе приводит к нагреву этого воздуха; а температура в центре Земли, сжатом со всех сторон тысячами тонн металла и камня, достигает нескольких тысяч градусов.

Таким же образом материя Солнца, обладающего гораздо большей массой, чем Земля, своим давлением привела к нагреву собственного центра до невероятных высот.

Чем выше температура, тем энергичнее дви-

жутся атомы, и, наконец, система доходит до такого состояния, когда столкновения атомов становятся столь яростными, что электроны начинают соскакивать с внешних оболочек и атомное ядро остается «голым». На этом этапе материя обрушивается сама в себя — так и Солнце превратилось в тот шар, который мы видим сегодня.

Почти всю материю Солнца в самом начале составлял водород, а ядро атома водорода — это одна невероятно крошечная частица, именуемая «протон». По мере того как температура продолжала расти, эти протоны, уже лишенные электронов, сталкивались между собой все сильнее и сильнее, до тех пор пока при столкновениях не стали образовываться новые, более сложные ядра, состоящие уже из четырех частиц, — ядра гелия.

При слиянии атомов водорода с образованием гелия высвобождается огромное количество энергии. Именно этот процесс происходит при взрыве водородной бомбы. Короче говоря, в Солнце произошел ядерный взрыв, и оно превратилось в гигантскую водородную бомбу, благодаря свету и теплу которой мы живем. В отличие от маленьких водородных бомб, изготавливаемых

человеком, Солнце не взорвалось сразу и навсегда, отойдя в небытие, поскольку его огромная сила притяжения удерживает солнечное вещество на месте.

Опасная радиация этой мощнейшей водородной бомбы нам тоже не страшна. Подавляющая часть опасного излучения даже не выходит за пределы Солнца. В его центре, где собственно и происходит процесс слияния водорода, температура составляет около 14 миллионов градусов по Цельсию, но весь этот жар не может попасть наружу иначе, кроме как медленно просачиваясь сквозь тысячи километров солнечного вещества. Поверхность Солнца по сравнению с этим ядром можно назвать лишь теплой, а та небольшая часть опасного излучения, которая все же пробирается наружу, в основном поглощается атмосферой Земли, не достигая поверхности планеты.

Прошло, наверное, пять или шесть миллиардов лет с того момента, как в сжимающемся центре Солнца вспыхнуло ядерное пламя, но за все это время в гелий успела превратиться лишь небольшая часть его обширнейших водородных запасов. Даже сегодня значительно больше половины солнечного вещества составляет водород,

и ядерного топлива в Солнце еще достаточно, чтобы оно продолжало гореть, как сейчас, еще как минимум десять миллиардов лет.

От Солнца до Земли долетает гораздо больше, чем полагали до последнего времени. Не вся материя протуберанцев, отрывающихся от солнечной поверхности, возвращается обратно. Часть ее, подобно мельчайшим морским брызгам, уносимым ветром в глубь материка, покидает Солнце насовсем и в виде тончайших пучков улетает в пространство.

Именно из этой материи, представленной электрически заряженными протонами и электронами, состоит солнечная корона, уходящая все дальше и дальше от Солнца до тех пор, пока совсем не теряется в бесконечности пространства, постоянно пополняясь новой солнечной материей. Эту разреженную материю, вечно стремящуюся прочь от Солнца, называют «солнечным ветром», и он ощутим даже на том расстоянии, на котором находится Земля, — 150 000 000 километров.

Здесь, в окрестностях Земли, солнечная материя разрежена до предела, но все же плотность ее достаточна, чтобы окружающее нас пространство отличалось от чистого вакуума. Иными словами,

можно сказать, что орбита Земли лежит внутри солнечной короны.

Заряженные частицы солнечной материи притягиваются магнитным полем Земли, дуги которого тянутся от одного полюса к другому, достигая наибольшей высоты в районе экватора.

Солнечные электроны и протоны собираются в магнитном поле Земли, следуя его изгибам и образуя вокруг планеты оболочку, по форме напоминающую пончик. Это так называемые «пояса Ван Аллена», названные в честь американского физика Джеймса Ван Аллена, открывшего их в 1958 году.

Возле магнитных полюсов заряженные частицы прижимаются вплотную к верхним слоям атмосферы Земли, где именно они обеспечивают красоты полярного сияния.

Солнечный ветер — явление непостоянное. Иногда, повинуясь неким непредсказуемым причинам, его сила возрастает. Чаще всего это совпадает с пиками солнечной активности, а непосредственно усиление солнечного ветра связывают со вспышками на Солнце. Бывает так, что пространство вокруг некоего солнечного пятна на час или около того вспыхивает особенно ярко, и из этой вспышки в пространство испускается

сильнейший сноп частиц.

Если этот сноп оказывается направленным к Земле, то в тот же день облако частиц окажется в верхних слоях нашей атмосферы. Северное сияние станет ярче обычного, а в сводках погоды напишут о магнитных бурях.

Эти бури могут оказывать сильное воздействие на современную технику. Радиосообщение, к примеру, основано на том, что в верхних слоях атмосферы имеется область, содержащая электрически заряженные фрагменты атомов, называемые «ионами» (поэтому и вся область получила название «ионосфера»). Эти ионы обладают способностью отражать радиоволны. Однако, когда ионосферу наводняют заряженные частицы извне, отражение радиоволн начинает происходить с ошибками. Радиопереговоры тонут в помехах, которые могут сохраняться по тридцать часов.

Солнечный ветер оказывает на земные дела и более повседневное воздействие, причем крайне важное. Речь идет о дожде. Как нам сейчас известно, для того, чтобы пролился дождь, мало наличия влажности в воздухе, мало даже наличия облаков. Должны каким-то образом образоваться дождевые капли, а это не всегда

происходит легко. Они образовываются, как правило, вокруг какой-нибудь подходящей пылинки, имеющей необходимые размер, форму и химические свойства. Современные технологии «разгона туч» основаны именно на обработке дождевых облаков соответствующими химическими веществами.

Ионы также представляют собой естественное ядро для дождевых капель, и вполне возможно, что при прочих равных вероятность дождя зависит от того, насколько верхние слои атмосферы богаты ионами. В целом ионов всегда больше в годы повышенной солнечной активности и сильного солнечного ветра. Поэтому в эти годы и дождей выпадает больше.

Так, по результатам измерений, уровень воды в озере Эри в годы наибольшей солнечной активности поднимается выше всего. Также, изучая годовые кольца деревьев, росших на юго-западе Соединенных Штатов, ученые установили, что наиболее толстые кольца, соответствующие годам с наибольшим количеством дождей, повторяются через одиннадцать лет, как и периоды солнечной активности.

Если же мы задумаемся о том, как сильно влияют на все живое колебания в выпадении дождей,

то на солнечную активность можно списать вообще все, что угодно. Периодическая нехватка дождей может приводить к засухе и голоду, а следовательно — к периодам политической смуты и военной активности. Неудивительно, что многие пытались построить циклы войн и депрессий, основываясь на циклах солнечной активности. Однако солнечная активность оказывается достаточно иррегулярной, а человеческое поведение — достаточно сложным, чтобы до сих пор сводить все подобные попытки на нет.

Наступает век космических путешествий, и свойства Солнца приобретают особую важность для космонавтов. Атмосфера Земли поглощает большую часть опасной радиации, но стоит выйти за ее пределы — и угроза облучения встает во весь рост. В непосредственной близости от Земли космонавты еще могут полагаться на защиту стен своей космической станции (и, что еще важнее, земного магнитного поля), но чем дальше от Земли — тем грознее опасность.

По пути к Луне космонавт будет нуждаться в защите от интенсивной радиации поясов Ван Аллена. Хотя, возможно, ему удастся проскочить через полярные проходы в поясах.

Дальше в открытом космосе космонавт не смо-

жет чувствовать себя в безопасности, даже если уровень радиации вокруг него будет находиться на допустимом уровне. В любой момент внезапная вспышка на поверхности Солнца может выплеснуть в его направлении сноп опасных частиц, который не удастся отразить. Некоторые из зафиксированных вспышек оказывались настолько яростными, что приводили к выплеску самого энергетически насыщенного излучения из известных — космических лучей.

На самой Луне, где нет заслуживающей упоминания атмосферы (см. главу 14), исследователи могут столкнуться с тем, что одной из самых главных подстерегающих их опасностей станет непредсказуемое поведение солнечного ветра, случайным образом разражающегося смертоносными вспышками.

Ясно, что о Солнце необходимо знать как можно больше. В этом может помочь недавно открытая странная небольшая частица, именуемая «нейтрино». Эти частицы высвобождаются при проходящих в центре Солнца реакциях слияния водорода наравне с обычным излучением.

Обычному излучению требуется столько времени, чтобы достичь поверхности Солнца, и оно подвергается при этом стольким изменени-

ям, что в итоге по нему можно судить только о солнечной поверхности, но никак не о его ядре — разве что делая некие косвенные выводы.

А вот нейтрино настолько малы и имеют так мало отношения к обычной материи, что они вырываются из центра Солнца со скоростью света, и солнечное вещество не оказывает при этом на них никакого влияния. До Земли они добираются через восемь минут после своего возникновения, прямо из центра Солнца.

Сейчас ученые занимаются разработкой нейтринных телескопов, которые могут представлять собой, например, контейнеры с определенными химическими веществами, способными остановить хотя бы несколько нейтрино солнечного происхождения. Из того, сколько именно частиц удастся остановить, и из прочей информации, которую удастся из них извлечь, можно будет установить температуру и другие факторы солнечного центра гораздо точнее, чем мы это делаем сейчас.

Узнав природу самого центра Солнца, мы разгадаем многое из того, что сейчас кажется загадочным и таинственным. Пятна на Солнце, протуберанцы, вспышки, солнечный ветер — все это можно будет расписать по пунктам и, воз-

можно, составить прогнозы. С обретением этого нового знания можно будет в безопасности преодолевать обширные космические пространства, так же как обретение компаса позволило европейским мореходам безошибочно преодолевать бурные и опасные морские просторы.

Глава 16
ИМЕНА ЗВЕЗД

Известна байка про некое наивное юное дарование, которое, забредя на лекцию по популярной астрономии, впоследствии удивлялось: «Я понимаю, как астрономы высчитывают расстояние до звезд, температуру их поверхностей… Но вот как они узнают имена звезд?»

На самом деле настоящие имена есть у очень немногих звезд. Большинство же из них известно лишь по упоминаниям в каталогах, и вместо имен у них длинная строка цифр.

Даже среди звезд, достаточно ярких для того, чтобы их можно было увидеть невооруженным глазом, многие имеют вместо названия лишь букву греческого алфавита, которую называют перед именем созвездия, к которому эти звезды принадлежат. Например, ближайшая к нам звезда,

альфа Центавра, называется так потому, что является самой яркой звездой в созвездии Центавр (Кентавр), и поэтому помечается первой буквой греческого алфавита — альфой. «Альфа Центавра» означает «первая в Центавре». Существуют также бета Центавра, гамма Центавра и т. д.

Однако около 250 звезд все же имеют собственные имена, из которых широкой публике известно, наверное, не более дюжины. Последнее достойно сожаления, поскольку есть что-то очень приятное в том, чтобы называть одну звезду Рукба, а другую — Бенетнаш. Это настоящие имена настоящих звезд.

Даже наши старые знакомые, те несколько звезд, имена которых вспоминаются так часто, что их слышали даже люди далекие от астрономии, будут восприниматься более живыми, если мы разберемся в том, что же значат их имена на самом деле.

Самая яркая звезда на небосводе, чье имя нам наиболее знакомо, — Сириус. Она принадлежит к созвездию Большой Пес, поэтому и саму звезду иногда называют Псовой звездой. Из-за того, что эта звезда так ярка, древние считали, что, когда посреди лета ее бывает видно на небе днем вместе с Солнцем, она вносит свой вклад в летнюю

жару; и в самом имени эта вера отражена, ведь слово «Сириус» происходит от греческого seirios — «ярко горящий».

Как оказалось, Сириус, самая яркая звезда созвездия Большой Пес, — звезда двойная. Ее звезда-напарник очень мала, диаметром всего в два раза больше нашей Земли. Поэтому ее нередко неуважительно называют Щенком.

Яркая звезда, расположенная к западу от Сириуса, принадлежит уже к созвездию Малый Пес. Находясь западнее Сириуса, она, естественно, и восходит, и заходит чуть раньше, чем он. Поэтому такой звезде было дано название Процион, от греческих слов, означающих «перед псом».

Неподалеку от двух «медвежьих» созвездий, Большой и Малой Медведиц, находится созвездие Волопас. Древние изображали его в виде человека с двумя собаками на привязи. Собак в данном случае представляли звезды в небольшом созвездии между Волопасом и Большой Медведицей — созвездии Гончие Псы. Волопас с собаками явно представляли собой защиту всего остального небосвода от свирепых медведей. Следовательно, самая яркая звезда созвездия Волопас получила имя Арктур, от греческих слов, означающих «страж медведя».

Древние очень серьезно относились к тем образам, которые рисовало их воображение. Так, например, созвездие Возничий они изображали как старика с уздечкой в одной руке и козой с козлятами в другой. Поэтому звезды с одного из боков созвездия называли «Козлятами», а самая яркая из них получила название Капелла, что по-латыни означает «Козочка».

Или взять созвездие Дева. Его изображали в виде молодой женщины со снопом колосьев пшеницы в руках. Предположительно, причиной тому тот факт, что Солнце входит в созвездие Дева в начале осени, когда пшеница созревает и начинается сбор урожая. Поэтому звезда, находящаяся в этих колосьях, называется Спика, что по-латыни означает «колос».

Иногда имена звезд не так сильно привязаны к образам созвездий. В созвездии Близнецы есть две близко расположенных звезды, видимо и вдохновившие древних на объединение звезд в созвездия. Римляне дали им имена самых известных близнецов из своей мифологии — Кастора и Поллукса.

Регул — это самая яркая звезда созвездия Лев. В переводе с латыни ее название означает «малый царь», что, видимо, должно символизировать

ее положение главного украшения царя зверей. Еще более символично название звезды Антарес, что означает «соперник Ареса». Арес — это бог войны пантеона древних греков, которого римляне впоследствии назвали Марсом. Антарес — это красная звезда, цветом соперничающая с Марсом.

Но самое символичное и описательное название носит все же Полярная звезда, обозначающая Северный полюс, благодаря чему ее еще иногда называют Северной звездой.

Но некоторые звезды носят и совершенно не подходящие им имена. Так, созвездие Орион («Охотник») изображают в виде великана, поднявшего левую руку, чтобы прикрыться от бросающегося на него Тельца, а правой держащего наготове для удара дубину. На его левом плече находится звезда под названием Воительница; я не уверен, что самому Ориону понравилась бы идея женщины-воина.

Однако подавляющее большинство названий звезд имеют не греческое и не латинское, а арабское происхождение. Именно поэтому так много названий начинается со слога «ал» — арабского артикля.

Возьмем, к примеру, семь звезд ковша Большой

Медведицы. Их видел каждый; это созвездие способен показать любой житель Северного полушария, даже ничего больше не знающий о звездах. А как они называются?

Вот каковы их названия, начиная с конца ручки ковша и заканчивая теми двумя звездами, что указывают нам на Полярную: Алкаид, Мицар, Алиот, Мегрец, Фекда, Мерак и Дубхе.

Название первой звезды из списка, Алкаид, звучит так, как будто его придумали для противокислотного средства, но на самом деле оно имеет арабское происхождение (как и все остальные) и означает «вождь», поскольку именно она ведет все семь звезд по небу.

Название второй звезды, Мицар, означает «пелена». Это надо объяснить. Рядом с Мицаром расположена значительно более слабая звезда. Саму по себе ее можно было бы разглядеть без труда, но присутствие рядом более яркой затмевает ее, как бы набрасывая пелену. Чтобы разглядеть вторую звезду, требуется достаточно хорошее зрение, и на протяжении многих веков с помощью этой двойной звезды проводили медицинские тесты на зрение. Вторая звезда, о которой идет речь, — Алькор, что в переводе с арабского означает «слабый».

Название третьей звезды Большого Ковша — Алиот, на арабском языке означает «толстый овечий хвост». Если это сбивает с толку, то вспомните о том, как греки изображали Ковш — в виде медведицы, таким образом, что четыре звезды самого ковша составляли заднюю половину медведицы, а три звезды ручки — ее хвост. Мы-то с вами знаем, что у медведей нет заслуживающего упоминания хвоста, и древние греки тоже наверняка это знали. Так что картинки они наверняка перерисовали у вавилонян и назвали получившихся животных медведями, несмотря на хвосты. Арабов наличие у медведей хвостов тоже поразило, а поскольку слов для обозначения медвежьих хвостов у них в языке не нашлось, то вместо этого они назвали звезду «овечьим хвостом».

Четвертая звезда, с которой начинается сам ковш, называется Мегрец, что означает «корень», скорее всего, потому, что она является корнем хвоста.

Значение слова «Фекда» я установить не смог, а что до двух последних звезд — то Мерак (название дальней от Полярной звезды) означает «зад», явно подразумевается зад медведя, а Дубхе переводится просто как «медведь».

Четыре звезды созвездия Пегас (Пегас — это знаменитая крылатая лошадь) тоже носят арабские названия — Альферац, Альгениб, Маркаб и Шеат. Альферац, расположенный с краю лошади, означает «кобыла»; находящийся чуть выше Альгениб — «бок», Маркаб — «седло». Слово «Шеат» — название четвертой звезды, расположенной чуть выше передней ноги Пегаса, — имеет не столь ясное происхождение. Возможно, оно происходит от слова «богатство», но при чем здесь богатство, совершенно непонятно.

Да и многие из более знакомых звездных имен имеют тоже арабское происхождение. Вторая по яркости звезда в созвездии Орион, расположенная в левой ноге нарисованного охотника, называется Ригель, от арабского слова, означающего «нога». А самая яркая звезда созвездия, Бетельгейзе, имеет в качестве названия искаженную арабскую фразу, означавшую изначально «рука Ориона».

Многие звезды носят имена, буквально следующие из изображений созвездий, к которым принадлежат. Альтаир — самая яркая звезда в созвездии Орел, по-арабски означает «птица». Созвездие Рыбы изображают в виде двух рыбок, соединенных длинным шнуром. Посреди шну-

ра находится самая яркая звезда в созвездии, и арабские астрономы дали ей имя Альриша, что означает «шнур».

Самая яркая звезда созвездия Лебедь носит имя Денеб. На рисунке она оказывается расположенной в хвосте птицы, и название ее происходит от арабского слова, означающего «хвост». Арабы были величайшими астрономами Средневековья, поэтому так много звездных имен напоминают нам о них. И слово «хвост» имело большую популярность в качестве звездного имени, так что на небосводе у нас теперь есть несколько Денебов. Арабы различали их между собой путем прибавления второго слова, по названию созвездия. Так, например, название звезды Денеб Альджеди из созвездия Козерог означает «козий хвост», а Денеб Кантос из созвездия Кит — «китовый хвост». В созвездии Лев вторая по яркости звезда носит имя Денебола, где окончание «-ола» — это все, что осталось от арабского «львиный».

Однако, чтобы не создать впечатления, что арабов интересовала только задняя часть живых существ, приведу противоположный пример: самая яркая звезда созвездия Южная Рыба называется Фомальгаут, что означает «рыбий рот». Точно так же и самая яркая звезда созвездия Змее-

носец, которое изображается, естественно, в виде человека, держащего змею, называется Рас-Альхаге, что означает «голова заклинателя змей».

Альдебаран, самая яркая звезда в созвездии Телец, служит чем-то вроде Проциона, только наоборот: Альдебаран расположен чуть восточнее широко известной группы звезд — Плеяд, а значит, и восходит и заходит вслед за ними. Поэтому звезда получила имя, означающее по-арабски «последователь».

Наверное, самое красочное имя арабы дали второй по яркости звезде в созвездии Персей. Эта звезда — одна из немногих на небосводе, которая постоянно заметно меняет яркость. Для древних этот факт представлял собой полную загадку, поскольку они считали, что звезды совершенны и неизменны. Видимо, именно этой звезде созвездие обязано своим образом. Его изображали в виде Персея с отрубленной головой Медузы в руке. Как известно, Медуза была столь страшна и ужасна, что от одного взгляда на нее люди превращались в камень.

Звезда, о которой идет речь, расположена прямо на лбу Медузы, и арабы дали ей название Алголь, что означает «дьявол». Поэтому Алголь известен также как «звезда дьявола».

Все вышёперечисленное дает лишь малое представление о богатстве небес. Я не упомянул и малой толики от двухсот с лишним звездных имен.

Глава 17
ЛИНЕЙКА ДЛЯ КОСМОСА

Удобства ради люди используют для разных целей разные единицы измерения. Длину комнаты измеряют в метрах, автотрек — в километрах.

В основном это делается во избежание использования слишком большого количества цифр. Было бы странно описывать комнату 0,038 километра в длину вместо 38 метров, или расстояние от Бостона до Нью-Йорка как 365 800 метров вместо 366 километров.

Однако ни одна из привычных нам единиц измерения, придуманных для использования на земной поверхности, не является удобной для астрономического применения. Самая длинная единица измерения на Земле — это километр. В некоторых странах используется чуть более длинная миля, равняющаяся 1,61 километра, но для астрономических целей и то и другое чрезмерно мало.

Ближайшее к нам более-менее крупное небесное тело — это Луна; ближайшее после Луны — Венера. Но расстояние от Земли до Луны, если его выразить в привычных нам единицах, составит 380 000 километров, а Венера никогда не подходит к нам ближе чем на 40 000 000 километров.

Во избежание использования в расчетах всех этих миллионов, миллиардов и еще больших чисел астрономы долгое время пользовались более крупными единицами измерения, не так хорошо знакомыми простым смертным. Но теперь, с наступлением космической эры, и нам все чаще приходится слышать об этих единицах. Пора учиться понимать астрономические расстояния.

К примеру, за один из эталонов космических расстояний астрономы приняли расстояние от Земли до Солнца. Оно, конечно, колеблется на несколько миллионов километров, в зависимости от нахождения Земли на той или иной точке своей эллиптической орбиты в конкретный момент, но в среднем все же составляет 150 000 000 километров.

Этот эталон так и назвали, «астрономической единицей» (часто сокращают до а. е.). Так что можно сказать, что среднее расстояние от Земли

до Солнца — 1 астрономическая единица. Так можно измерять и другие расстояния в астрономических единицах и работать с более удобными и легко объяснимыми терминами.

К примеру, среднее расстояние от Земли до Луны — 0,00255 а. е., до Венеры — 0,27 а. е. Из этих цифр сразу становится ясно, что расстояние от Земли до Луны в четыреста раз меньше, чем до Солнца, а до Венеры — в четыре раза меньше.

В таблице 1 приведены значения расстояния от различных планет до Солнца в милях, километрах и астрономических единицах. Значения в астрономических единицах не только легче считать, писать и произносить; они еще и сразу наглядно показывают отношения между расстояниями до различных планет, что не так хорошо видно из километровых значений.

Так, если вам укажут, что Нептун находится в 4 500 000 000 километрах от Солнца, то это лишь сбивающие с толку цифры. Если же будет сказано, что это расстояние — 30,07 а. е., то сразу станет ясно, что Нептун расположен в тридцать раз дальше от Солнца, чем Земля.

Таблица 1

Планета	Расстояние в километрах	Расстояние в милях	Расстояние в астрономических единицах
Меркурий	58 000 000	36 000 000	0,39
Венера	108 300 000	67 500 000	0,72
Земля	149 450 000	92 870 000	1,00
Марс	228 000 000	142 000 000	1,52
Юпитер	778 700 000	484 000 000	5,20
Сатурн	1 428 000 000	888 000 000	9,54
Уран	2 872 000 000	1 790 000 000	19,19
Нептун	4 500 000 000	2 800 000 000	30,07
Плутон	5 900 000 000	3 700 000 000	39,46

Из значений, выраженных в астрономических единицах, можно с первого взгляда понять, что Сатурн находится почти в два раза дальше от Солнца, чем Юпитер, а Плутон (в среднем) вдвое дальше, чем Уран. В принципе значения, выраженные в километрах и милях, тоже содержат в себе эту информацию, но длинные цепочки цифр делают ее извлечение несколько более сложным делом.

Но самая важная измерительная единица астрономов основана на скорости света.

За одну секунду свет (как и любое другое электромагнитное излучение) проходит 300 000 километров. Для этой достаточно круглой

цифры было придумано укороченное название — «световая секунда». Тогда можно сказать, что расстояние от Земли до Луны — 1,27 световой секунды, а Венера приближается к нам самое меньшее на 135 световых секунд.

Эти цифры несут и практический смысл. При ведении радиопереговоров с будущей станцией на Луне придется учитывать, что наш сигнал будет добираться до них 1,27 секунды. А отраженный от Венеры сигнал радара вернется к нам только через 270 секунд. Измерение пространства в таких единицах будет единственно естественным для вычислений, связанных с радиопереговорами.

Световыми секундами можно измерить и всю Солнечную систему, но это будет менее удобно, чем использовать для ее измерения астрономические единицы. Одна астрономическая единица равна примерно 500 световым секундам. Следовательно, расстояние от Нептуна до Солнца, равное около 30 а. е., будет выглядеть как 15 000 световых секунд. Последняя цифра выглядит громоздко и неудобно.

Но скорость света не обязательно привязывать именно к секундам. Можно взять за единицу расстояние, проходимое излучением за минуту или

за час, и получить световую минуту или световой час. Естественно, одна световая минута будет равна 60 световым секундам, а один световой час — 60 световым минутам, или 3600 световым секундам.

В таблице 2 снова приведены примерные расстояния от планет до Солнца, на этот раз — в световых секундах и световых часах. Как видите, световая минута может быть вполне удобным инструментом измерения межпланетных расстояний, вплоть до орбиты Юпитера, а для планет, находящихся далее, удобнее использовать световые часы.

Диаметр нашей Солнечной системы, точнее, орбиты самой дальней ее планеты Нептуна — около 11 световых часов, то есть почти половина «светового дня». За ее пределами, кроме нематериальных призраков, которые мы зовем кометами, да блуждающих метеоров, нет ничего — пока мы не подберемся к ближайшим звездам.

Таблица 2

Планета	Расстояние в световых минутах	Расстояние в световых часах
Меркурий	3,2	0,053
Венера	6,0	0,10
Земля	8,3	0,14
Марс	12,7	0,21
Юпитер	43,3	0,72
Сатурн	78,6	1,31
Уран	159	2,65
Нептун	250	4,18
Плутон	330	5,50

Теперь давайте себе представим графическое изображение нашей планетной семьи. Свет, пролетающий от Земли к Луне за примерно 1,75 секунды, а от Солнца до нас добирающийся примерно за восемь минут, вынужден лететь на всех парах целых одиннадцать часов, чтобы пересечь из конца в конец обширную орбиту Плутона.

А ведь вся Солнечная система не более чем песчинка в бесконечности космического пространства, и телескопы позволяют астрономам исследовать гораздо более отдаленные миры. К счастью, скорость света позволяет им менять единицы измерения на все более и более длинные. Но если вы подумали о световых неделях и световых месяцах, то вы ошиблись.

Дело в том, что, выйдя за орбиту Плутона, световые волны могут лететь и недели и месяцы в одном и том же направлении, не встречая на своем пути ничего материального.

Нам не известно ни одного объекта, расстояние которого от нашего Солнца было бы удобно обозначать в световых неделях или световых месяцах.

Для того чтобы говорить о расстоянии до ближайшей звезды, надо будет перейти уже к такой единице, как световой год. Это довольно большое расстояние — 8 450 000 000 000 километров, или 5 890 000 000 000 миль. Грубо говоря, световой год — это почти 10 триллионов километров.

Но, как бы ни была велика эта цифра, нам не известно ни одного небесного тела вне нашей Солнечной системы, которое находилось бы столь близко. Ближайшая к нам звезда, альфа Центавра, находится от нас на расстоянии 4,3 светового года.

Есть еще одна единица измерения, тоже полезная, когда речь идет о расстояниях между звездами. Ее основой служит уже не скорость света, а сдвиг положения более близко расположенной звезды по отношению к более отдаленным звездам. Причиной этого сдвига служит

перемещение Земли из некоей точки орбиты в противоположную за шесть месяцев. Половина этого очевидного сдвига называется «звездным параллаксом».

Грубую аналогию с параллаксом можно провести, если поднять палец сантиметрах в пятнадцати от носа и посмотреть мимо него на некий удаленный предмет сначала только одним глазом, а затем, не меняя положения самого пальца, только другим. Вы увидите, что палец изменил свое положение относительно удаленного предмета — поскольку вы изменили точку зрения.

Чем дальше предмет, на который вы смотрите, тем меньше параллакс. Вытяните руку вперед — и сразу станет заметно, насколько меньше стал сдвиг пальца относительно фона при взгляде то одним, то другим глазом попеременно. Поэтому из значения параллакса некоего небесного тела можно высчитать и расстояние до него. Именно этот метод использовался при оценке расстояния до ближайших звезд более ста лет назад, но задача оказалась непростой, поскольку параллакс даже ближайших к нам звезд крайне мал.

Представьте себе параллакс в одну угловую секунду (то есть в 1/60 угловой минуты, которая, в свою очередь, представляет собой 1/60 градуса

окружности, состоящей из 360 градусов). Одна угловая секунда — это примерно столько, сколько занимает одноцентовая монета на расстоянии в 4 километра, то есть чрезвычайно мало. Так вот, было решено, что звезда, имеющая такой параллакс, находится от нас на расстоянии одного парсека. Слово «парсек» составлено из первых слогов двух слов словосочетания «параллакс секунды».

Но даже такой крошечный параллакс — это очень много. За пределами Солнечной системы не известно ни одного объекта, который находился бы от нас на расстоянии всего одного парсека. Следовательно, параллакс ни одной звезды не достигает целой угловой секунды. Параллакс ближайшей к нам звезды, альфы Центавра, — 0,76 угловой секунды.

Как выяснилось, один парсек равен 3,26 светового года. Таким образом, удаленная от нас на 4,3 светового года альфа Центавра находится на расстоянии 4,3/3,26, то есть 1,3 парсека.

В таблице 3 приводится расстояние до некоторых наиболее известных звезд, как в световых годах, так и в парсеках.

Можно было бы решить, что теперь-то уж у астрономов в наличии все необходимые им еди-

ницы измерения, но на самом деле все звезды, перечисленные в таблице 3, принадлежат к числу наших самых непосредственных соседей и находятся все в одном и том же витке спирали нашей Галактики. Весь Млечный Путь целиком — гораздо больше, чем тот его уголок, где находится горстка видимых невооруженным глазом звезд, в том числе и приведенных в таблице.

Таблица 3

Звезды	Расстояние в световых годах	Расстояние в парсеках
Альфа Центавра	4,3	1,3
Сириус	8,6	2,6
Процион	11	3,4
Альтаир	16	4,9
Фомальгаут	23	7,1
Вега	27	8,3
Поллукс	33	10
Арктур	40	12
Капелла	42	13
Кастор	45	14
Альдебаран	55	17
Регул	77	24
Канопус	100	31
Мира	165	51
Антарес	220	68
Бетельгейзе	275	85
Денеб	400	120
Ригель	540	165

Ядро же нашей Галактики, в котором находится

около 90 процентов всех ее звезд и которое мы не можем наблюдать даже в оптические телескопы, потому что его закрывают от нас облака пыли, находится на расстоянии не меньше 30 000 световых лет от нас. Полный диаметр нашей дисковидной Галактики — около 100 000 световых лет, а максимальная толщина этого диска (в центре) — около 30 000 световых лет. Как видите, все числа снова быстро обрастают нулями.

Можно справиться с этим путем дальнейшего введения теперь уже световых веков (по 100 световых лет в каждом) и световых тысячелетий (по 1000 световых лет, или по 10 световых веков). Тогда можно сказать, например, что Денеб находится от нас на расстоянии в 4 световых века и что размеры нашей Галактики — 100 световых тысячелетий на 30 световых тысячелетий.

На практике такие единицы используют редко. Для измерений очень больших расстояний астрономы предпочли парсеки. По принципу метрической системы, где есть километр, равный 1000 метров, и килограмм, равный 1000 граммов, астрономы ввели килопарсек, равный 1000 парсеков. Используя эту удобную единицу измерения, можно сказать, что размеры нашей Галактики — приблизительно 31 килопарсек на

9 килопарсеков.

Однако и сама наша Галактика — лишь точка на бескрайних просторах космоса, заполненного миллиардами других галактик. Нашими ближайшими соседями являются сравнительно небольшие галактики-спутники нашего Млечного Пути — Большое Магелланово Облако и Малое Магелланово Облако. Они отстоят от нас, соответственно, на 150 000 и 170 000 световых лет, или 47 и 53 килопарсека.

Ближайшая к нам крупная галактика — это туманность Андромеды, удаленная на 2 300 000 световых лет, или 700 килопарсеков. Другие галактики, в том числе знаменитое скопление галактик в созвездии Волосы Вероники и живописная галактика в созвездии Лебедь, про которую есть мнение, что это две галактики, находящиеся в процессе столкновения, находятся еще дальше. Применительно к столь удаленным галактикам даже килопарсек — слишком малая единица измерения.

Вместо него можно ввести мегапарсек, равный миллиону парсеков, или тысяче килопарсеков (или 3 260 000 световых лет). Используя этот термин, можно сказать, что до скопления галактик в созвездии Волосы Вероники — 25 мегапарсеков, а

до сталкивающихся галактик в созвездии Лебедь — 80 мегапарсеков.

Дошли ли мы, наконец, до такой единицы измерения, которую увеличивать больше незачем? Не совсем. В 1963 году астрономы поняли, что во Вселенной существуют объекты, находящиеся гораздо дальше от нас, чем даже самые далекие из обычных галактик. Эти новые объекты, самые далекие из всего, что мы знаем, называются квазары (см. главу 19).

Самый далекий из обнаруженных на сегодняшний день квазаров называется 3C9, и считается, что он находится на расстоянии, возможно, 9 миллиардов световых лет. Это 2800 мегапарсеков.

Поэтому давайте сделаем еще один шаг и введем гигапарсек, равный миллиарду парсеков, или тысяче мегапарсеков. Тогда можно сказать, что расстояние до 3C9 — 2,8 гигапарсека.

На самом деле у астрономов есть основания полагать, что максимальное расстояние, в принципе доступное любым нашим инструментам, как бы совершенны они ни были, — 12,5 миллиарда световых лет. Если это так, то ширину всей теоретически доступной наблюдению Вселенной можно оценить в 25 миллиардов световых лет, или всего около 7,5 гигапарсека.

Так что этого точно хватит.

Глава 18
ПУТЕШЕСТВИЕ ВО ВРЕМЕНИ: ТОЛЬКО В ОДИН КОНЕЦ

В 1905 году Альберт Эйнштейн предложил абсолютно новый взгляд на Вселенную, казалось выходящий за всякие рамки здравого смысла. Его точка зрения выглядела действительно странно, из нее следовало, что предметы меняются по мере движения, теряя длину и приобретая массу. Получалось, что один человек способен увидеть, измерить и подтвердить под присягой факты, которых другой просто не может увидеть. Терялись все устои.

Единственным утешением обычному человеку оставалось соображение о том, что при обычных условиях все эти нововведения проявляются в настолько малых масштабах, что их можно попросту игнорировать.

Представим себе для начала некий воображаемый товарный поезд, длиной ровно в один километр (при стоянии на месте) и массой ровно в один миллион тонн. Вот он проезжает мимо нас со скоростью 60 миль в час, и если бы у нас

имелись достаточно точные измерительные инструменты, то мы бы установили с их помощью, что поезд в данный момент стал короче на одну миллиардную сантиметра и тяжелее на одну десятитысячную грамма.

Однако, если бы точно такие же измерения произвел человек, находящийся в самом поезде, для него и длина и масса поезда остались бы теми же. Он установил бы, что поезд по-прежнему длиной в один километр и массой в миллион тонн. Более того, с точки зрения наблюдателя из поезда, это мы, те, кто находится снаружи, потеряли бы в длине и приобрели в массе.

Миллиардные доли граммов и сантиметров мало кого волнуют. Может показаться, что все эти сложности вокруг новых воззрений на Вселенную не стоят того, чтобы вокруг них огород городить.

Но не всегда происходящие изменения столь незначительны. Всего за несколько лет до того, как Эйнштейн выдвинул свою теорию, было обнаружено, что радиоактивные атомы испускают крошечные субатомные частицы, движущиеся со скоростями, значительно превышающими скорость нашего воображаемого поезда. Скорости субатомных частиц лежат в пределах от 16 000 до

300 000 километров в секунду. Вот их-то длина и масса претерпевают огромные изменения, которые можно и заметить, и измерить; более того, не заметить их просто нельзя! Поэтому с прежними представлениями о Вселенной, в которой и длина и масса были незыблемыми свойствами предмета, вне зависимости от движения или нахождения в покое, пришлось расстаться. Вместо них пришлось принять точку зрения Эйнштейна.

Естественно, если товарный поезд, или что угодно еще столь же материальное, разовьет скорость, при которой изменения его массы и длины станут заметны, гравитационное поле Земли больше не будет его удерживать. Действие перейдет в открытый космос — так давайте же перенесем туда наши воображаемые опыты.

Представим себя на космическом корабле А, длиной в 300 метров и массой в 1000 тонн. Мимо нас со скоростью 260 000 километров в секунду пролетает космический корабль В, точная копия нашего корабля А.

С помощью некоего хитрого оборудования мы измеряем его длину и массу, когда это происходит, и обнаруживаем, что теперь его длина всего 150 метров, зато масса — 2000 тонн, иными слова-

ми — он стал вдвое короче и вдвое тяжелее.

Мы тут же связываемся с кораблем В и передаем его экипажу эту информацию, но в ответ нас уверяют, что, согласно их собственным измерениям, корабль, в котором они находятся, ничуть не изменился, зато, измерив наш корабль А, они также обнаружили, что его длина стала всего 150 метров, а масса — 2000 тонн.

Тогда оба корабля останавливаются, сближаются борт о борт и обе команды производят уже неторопливые точные измерения — и оказывается, что теперь оба корабля вернулись к своим первоначальным массе и длине, оба длиной по 300 метров и весом по 1000 тонн.

Какое же из полученных значений верное? Правильный ответ — все. Ведь данные измерений, как мы помним, меняются по мере движения. С точки зрения экипажа корабля А, корабль В пролетал мимо них со скоростью 260 000 километров в секунду, а с точки зрения экипажа корабля В, — наоборот, это корабль А пролетал мимо в противоположном направлении. С точки зрения каждого из экипажей, именно другой корабль пребывал в движении с данной скоростью и, соответственно, обладал удвоенной массой и вдвое меньшей длиной. Когда же корабли оказались

борт о борт, ни один из них более не находился в движении относительно другого, и результаты измерений вернулись к «нормальным» показателям.

Если вас все еще продолжает мучить вопрос о том, «так укорачивался все-таки корабль А или нет?», то необходимо понять одну простую вещь: производя измерения, вы не можете получить абсолютные данные о некоей «реальности». Вы можете лишь считать показания приборов, которые, в свою очередь, подвержены влиянию определенных условий.

Теория Эйнштейна касается не только длины и массы — она затрагивает также и время. Согласно этой теории, на движущемся объекте время замедляется. Маятник часов движется медленнее, часовая пружина разворачивается не спеша. Замедляется любое движение.

Но ведь именно периодическое движение позволяет нам измерять время — различного рода регулярные вибрации, пульсации, ритмичные удары. Если все это движение разом замедлится, то можно сказать, что замедлилось и само время.

Некоторым принять такое положение теории еще сложнее, чем положение об изменении длины и массы. В конце концов, нам известно, что

длину и массу предметов можно при желании изменять: например, масса сосуда с водой уменьшается по мере испарения воды; а укоротить предмет можно, допустим, сплющив его молотком. Но само представление о том, что можно хоть как-то повлиять на ход времени, кажется противоестественным. Само собой разумеющимся представляется, что ход времени — это нечто вечное и неизменное, не подвластное ничему.

Однако предположение Эйнштейна об изменениях течения времени по мере движения уже получило экспериментальное подтверждение. Даже в отношении скоростей в несколько сантиметров в секунду открыт физический феномен, получивший название «эффект Мёссбауэра». С его помощью можно фиксировать крайне малые изменения в скорости течения времени — здесь снова речь идет о субатомных частицах, чьи огромные скорости позволяют получать достаточно большие изменения, доступные приборам.

Существует частица, именуемая «мю-мезон»[8]. Срок ее жизни — две микросекунды (микросекунда — это одна миллионная секунды). То есть, двигаясь со средней скоростью, она живет две

[8] notes: ~ _ftn8 ~

[8] Сейчас название «мю-мезон» является устаревшим, а более правильное современное название — «мюон». (*Примеч. пер.*)

микросекунды. Но иногда случается так, что мю-мезон образовывается космическими лучами в верхних слоях атмосферы и энергия создания бросает их вниз к поверхности Земли со скоростью более 290 000 километров в секунду.

Если бы, двигаясь с этой скоростью, мю-мезон по-прежнему продолжал существовать только две микросекунды, то ему хватило бы времени на преодоление только 520 метров. А поскольку формируются мю-мезоны за много километров от поверхности Земли, долететь до нас ему было бы невозможно.

Но они долетают. Самые быстрые мю-мезоны успевают пролететь до распада по пять километров. Это можно объяснить, если предположить, что время для него замедляется. По собственным меркам он живет, как и положено, две микросекунды, но для стороннего наблюдателя это какие-то очень медленные микросекунды, равные двум десяткам микросекунд земного времени.

Время жизни мю-мезонов изменяется в строгом соответствии с предсказаниями Эйнштейна, так что придется нам согласиться с тем, что время не является неизменным и незыблемым, а свойства его зависят от точки зрения наблюдателя.

Давайте теперь вновь вернемся к нашим космическим кораблям A и B. Вот опять корабль B пролетает мимо корабля A, и допустим, что на борту корабля A имеется прибор, позволяющий экипажу в течение часа (по часам корабля A) наблюдать за часами, находящимися на корабле B.

Часы на корабле B покажутся наблюдателям отстающими, поскольку корабль B находится в движении. Через час (по часам корабля A) часы на корабле B покажут, что прошло чуть меньше часа. Чем быстрее движется корабль B, тем медленнее на нем идет время и тем меньшее время отмерят на нем часы.

Существует формула для вычисления замедления времени в зависимости от скорости. Используя эту формулу, мы получим таблицу со следующими значениями:

Скорость корабля В по отношению к кораблю А (километры в секунду по часам корабля А)	Время, прошедшее по часам корабля В через час (по часам корабля А)
1 600	59 мин. 50 сек.
80 000	57 мин. 47 сек.
160 000	52 мин. 18 сек.
120 000	45 мин. 54 сек.
225 000	39 мин. 36 сек.
257 500	30 мин. 40 сек.
274 000	24 мин. 25 сек.
290 000	12 мин. 13 сек.
297 700	7 мин. 48 сек.
299 700	1 мин. 50 сек.
299 800	вообще никакого времени не пройдет

Что же произойдет в том случае, если корабль В пролетит мимо корабля А со скоростью, превышающей 299 800 километров в секунду? Часы пойдут в обратном направлении?

Нет. Повернуть время вспять не получится, потому что 299 800 километров в секунду — это наивысшая возможная относительная скорость, какую только можно замерить. Это скорость света в вакууме, и, согласно теории Эйнштейна, материальные предметы не могут развивать скорость больше ее.

Нельзя забывать еще вот о чем. С точки зрения экипажа корабля А, корабль В пролетает мимо

них вперед, но вот с точки зрения экипажа корабля B, это корабль A пролетает мимо них назад с той же скоростью. Для каждого из экипажей движущимся кажется именно второй корабль. Так что если экипаж корабля B засечет время, отмеряемое часами, находящимися на корабле A, то они обнаружат, что именно на корабле A часы отстают.

Вот это уже более серьезная проблема, чем отмечавшееся ранее несоответствие длины и массы. Можно представить себе спор экипажей двух кораблей, встретившихся после вышеописанного эксперимента:

— Когда вы пролетали мимо, вы были короче и тяжелее, чем мы!

— Нет, это, когда вы пролетали мимо, вы были короче и тяжелее, чем мы!

— Да нет же…

Такой спор разрешить невозможно, да и незачем. Если некий предмет сначала вдвое укорачивается, а затем возвращается к обычной длине, или если его масса сначала удваивается, а потом снова становится как прежде, никаких следов при этом не остается. Непонятно, имел место наблюдаемый феномен на самом деле или нет. Все споры на этот счет бесполезны, а значит, и

не нужны.

Но если часы на одном из кораблей идут медленнее, чем на другом, то к моменту сближения кораблей по часам это будет видно, так ведь? Если к началу эксперимента часы были сверены, то к концу они будут показывать разное время?

Предположим, что на одном из кораблей часы из-за замедления времени отстали на час. Следовательно, когда корабли снова встретятся, на часах одного из них должно быть, скажем, 2.15, а на часах другого — 3.15.

Но какие же именно часы в таком случае будут отставать? Ведь экипаж корабля А клянется, что медленнее шли часы на корабле В, а экипаж корабля В — что на корабле А. Поэтому и те и другие закономерно ожидают, что отставать на час будут часы другого корабля. Поскольку и те и другие одновременно правы быть не могут, то возникает неразрешимая дилемма, получившая название «парадокс часов».

На самом деле такого парадокса не существует. Если один из кораблей только что пролетел мимо другого с огромной скоростью и оба экипажа уверены, что именно на втором корабле часы шли медленнее, им никогда не удастся сравнить показания часов, поскольку корабли уже расстались

навсегда. Часы с обоих кораблей нельзя будет поставить рядом и сравнить их показания.

Но допустим, что оба корабля все же сначала пролетели один мимо другого, а потом снова встретились и встали борт о борт, чтобы все же сравнить показания часов. Для того чтобы это могло случиться, необходимо выполнение определенного условия. Один из кораблей должен получить ускорение, то есть изменить свою скорость. Кораблю В для того, чтобы сделать это, потребуется развернуться по кривой линии, направить свой курс обратно к кораблю А, а затем притормозить до полной остановки в точке рядом с кораблем А.

Сам факт ускорения уже искажает симметричность ситуации. Корабль В изменяет свою скорость не только относительно корабля А, но и относительно всей Вселенной, всех звезд и галактик. Экипаж корабля В может пребывать при этом в уверенности, что их корабль как раз находится в покое, а вот корабль А каким-то образом придвигается к ним, но тогда ведь придется признать, что и вся Вселенная вокруг них пришла в движение. А вот экипаж корабля А видит движение только корабля В, а вся Вселенная остается при этом неподвижной для них.

И именно ускорение корабля В по отношению ко всей Вселенной (а не только к кораблю А) приводит к замедлению часов на корабле В, которое признает любой независимый наблюдатель. Когда корабли встретятся, то часы именно корабля В покажут 2.15, в то время как на часах корабля А будет 3.15.

Если же, с другой стороны, корабль В будет продолжать движение с неизменной скоростью, а корабль А, резко ускорившись, бросится вдогонку и настигнет корабль В, то благодаря этому ускорению любой независимый наблюдатель признает, что замедлился ход часов именно корабля А.

Эффект, при котором все наблюдатели согласны с тем, что замедление времени испытывает именно ускоряющийся объект, получил название «релятивистское расширение времени», и в космическом веке ему уже нашлось подходящее применение.

Ближайшая к нам звезда, альфа Центавра, находится от нас на расстоянии 4,25 светового года, то есть 40 000 000 000 000 (40 триллионов) километров (см. главу 17). А поскольку скорость света — это максимально возможная скорость вообще, то можно сделать вывод, что путешествие до альфы Центавра в принципе не может занять

менее 4,25 года.

На самом деле космический корабль никогда не сможет достичь скоростей, близких к скорости света, иначе, как посредством долгого постепенного ускорения, так что большую часть пути ему в любом случае придется пройти со скоростью гораздо меньше световой, а значит, и общее время пути до альфы Центавра будет значительно дольше, чем 4,25 года.

Но благодаря эффекту расширения времени получится не совсем так. Допустим, корабль будет двигаться с ускорением 1 g (тогда члены экипажа будут чувствовать привычный вес, равный земному, а «низом» для них станет корма корабля). Сочетание ускорения и высокой скорости приведет к замедлению времени на корабле, признаваемому всеми внешними наблюдателями.

На Земле за срок, проведенный кораблем в пути, может пройти десять лет, но для экипажа, в соответствии с корабельными часами, которые будут двигаться все медленнее по мере набора кораблем скорости, путь до альфы Центавра займет всего 3,5 года.

По мере того как скорость корабля, под действием постоянного ускорения, будет все больше возрастать и приближаться к световой (впро-

чем, достичь самой световой скорости так и не удастся), время для экипажа будет расширяться все больше и больше. Корабль сможет преодолевать удивительно огромные расстояния за сравнительно небольшое (с точки зрения экипажа) время.

Однако не будем забывать, что эффект расширения времени действует только на сам корабль; Земля при этом будет двигаться с той же скоростью, что и всегда, и время на ней будет течь по-прежнему. Поэтому для жителей Земли время перелета будет очень долгим.

Наглядным примером тому может послужить нижеприведенная таблица, где приводится расчет для космического корабля, удаляющегося от Земли с постоянным равномерным ускорением 1 g.

Конечный пункт	Время на корабле (в годах)	Время на Земле (в годах)
Альфа Центавра	3,5	10
Вега	7	30
Плеяды	11	500
Центр Млечного Пути	21	50 000
Магеллановы Облака	24	150 000
Туманность Андромеды	28	2 000 000

Так что наши космонавты всего за четверть века вполне могут добраться не только до других звезд, но и до других галактик.

И это будет четверть века не только для мертвых механизмов. Не одни лишь часы замедлят ход на ускоряющемся корабле; на нем замедлится любое движение. Замедлятся и полет атомов, и ход всех химических реакций, включая те, что происходят в организмах самих космонавтов. Обмен веществ будет происходить медленнее, мысли, ощущения — все затормозится.

Это означает, что под действием эффекта расширения времени по пути к туманности Андромеды космонавты не только по часам отмеряют 28 лет, но и проживут лишь 28 лет своей жизни. Их организмы состарятся только на 28 лет, и не более, несмотря на то что на Земле тем временем пройдет два миллиона лет. И это, напомню, тот эффект, который подтвердит любой внешний наблюдатель, — то есть если космонавты вернутся на Землю, то земляне, живущие миллионы лет спустя после их отлета, признают, что наши путешественники за все время пути состарились всего на несколько десятилетий.

На этом факте основан так называемый «парадокс близнецов». Предположим, что некто

вылетает в космос на корабле, равномерно ускоряющемся до больших скоростей, а его брат-близнец остается дома. Брат-космонавт постепенно останавливает корабль, разворачивает его и возвращается домой, по пути еще раз разогнавшись и притормозив. Благодаря эффекту расширения времени за время пути он старится при этом всего на 10 лет, а его брат, оставшийся дома, за то же время — на 40. Поэтому, вернувшись на Землю, наш космонавт оказывается на 30 лет моложе брата.

Напоминаю, космический путешественник не проходит никакой процедуры омолаживания; обратить время вспять невозможно, так что он просто состарился медленнее, чем если бы остался дома.

И удлинить срок своей жизни таким образом тоже не удастся. Если предположить, что физиологически оба близнеца запрограммированы прожить по 70 лет, то тот из них, кто остался дома, проживет, скажем, до 2050 года, а космонавт — до 2080. Ведь последний, хоть и проживет 30 лет после смерти своего брата, в конечном итоге 30 других лет все равно уже пропустил. Странствуя, он прожил всего 10 лет, а его брат на Земле за то же время — 40. На момент смерти у каждого из

них наберется ровно по 70 лет воспоминаний.

Конечно, воспоминания эти будут разными. Интересно было бы, наверное, провести 70 лет в постоянных космических полетах, периодически возвращаясь на Землю с интервалом, скажем, в 50 тысяч земных лет. При этом путешественник испытает впечатления не только от путешествия в пространстве, но и во времени. Такие прыжки по времени позволят ему воочию обозреть всю историю развития человечества.

Но есть в этом и один очень важный минус. Такого рода путешествие во времени осуществимо только в одну сторону — в будущее. Встав на путь расширения времени, сойти с него и вернуться обратно уже нельзя. Век, породивший нашего космического путешественника, окажется для него безвозвратно утерянным.

Глава 19
РОЖДЕНИЕ И СМЕРТЬ ВСЕЛЕННОЙ

Нечасто ученые попадают благодаря выдвинутой ими теории на первые полосы газет. Но именно это произошло осенью 1965 года с английским астрономом Фредом Хойлом. Ученый отказался от идеи «непрерывного творения»,

которой отдал столько сил и лет своей жизни, а вынудили его к этому шагу объекты, отстоящие от Земли на 80 миллиардов триллионов километров пространства и десять миллиардов лет времени!

Кажется, далековато, но это надо было сделать ради разрешения самого грандиозного противостояния теорий за всю историю науки. Предмет этих теорий — ни более ни менее, как само зарождение и смерть нашей Вселенной (или, напротив, их отсутствие).

Все началось полвека назад, когда астрономы еще очень мало знали о Вселенной, лежащей за пределами нашей Галактики Млечный Путь, — линзообразного скопления из 130 миллиардов звезд диаметром в сто тысяч световых лет. Периодически на небе можно заметить далекие слабо светящиеся облачка, которые, как уже тогда подозревали астрономы, могут представлять собой другие скопления звезд, другие галактики. Расстояние до них может составлять миллионы световых лет (каждый световой год — это приблизительно 10 триллионов километров).

Свет от этих галактик, как и от любых других светящихся небесных тел, можно собрать с помощью телескопов, а затем разложить на радугу

(спектр), содержащую определенное количество темных линий. Причиной появления каждой темной линии является определенный химический элемент, и каждая из них занимает в спектре определенное место, если источник света неподвижен относительно нас. Если источник света удаляется от нас, все эти линии окажутся сдвинутыми по направлению к красной части спектра, и чем больше скорость отдаления, тем сильнее этот «красный сдвиг». Если же источник света, наоборот, приближается к нам, то линии сдвинутся в противоположном направлении, к фиолетовой части спектра, и такой сдвиг тоже называется «фиолетовым».

В 1912 году американский астроном Весто Мелвин Слайфер начал собирать свет с различных галактик, желая измерить сдвиг темных линий в каждом случае. Он исходил из предположения, что примерно в половине случаев сдвиг должен оказаться красным, а в половине — фиолетовым, то есть половина галактик от нас отдаляется, а половина — приближается.

На самом деле все оказалось не так. К изумлению Слайфера, фиолетовое смещение проявили только несколько самых близких к нам галактик. Все остальные проявляли красное смещение. К

1917 году он обнаружил тринадцать отдаляющихся от нас галактик и только две приближающиеся к нам.

Более того, красное смещение имело неожиданно большое значение. Красное смещение отдельных звезд в нашей Галактике свидетельствовало, как правило, об отдалении от Земли со скоростями порядка менее сотни километров в секунду, а красное смещение галактик, обнаруженное Слайфером, позволяло сделать вывод о разбегании галактик со скоростями до 600 километров в секунду.

За ту же задачу взялись и другие. Еще один американский астроном, Милтон Хьюмасон, провел следующий эксперимент: он подставлял под слабый свет далеких галактик фотографическую пластинку несколько ночей подряд, и слабое действие лучей накапливалось до такой степени, чтобы на пленке наконец отпечатался более-менее заметный спектр. Таким образом он сумел измерить движение самых далеких галактик. И оказалось, что все они без исключения разбегаются от нас. И чем слабее свет от галактики (а значит, предположительно, и расстояние от нее до Земли), тем больше оказывалось значение красного сдвига. К 1930 году Хьюмасон подсчитал

скорость разбегания галактик, и в некоторых случаях цифры доходили до 40 000 километров в секунду — более одной восьмой скорости света.

Уже в конце 1920-х годов американский астроном Эдвин Пауэлл Хаббл подвел черту под всеми полученными наблюдениями и вывел закон, известный нам ныне как закон Хаббла. Он гласит, что далекие галактики отдаляются от нас со скоростью пропорциональной расстоянию от них до Земли.

Согласно современным воззрениям, на расстоянии около 12,5 миллиарда световых лет эта скорость достигает скорости света. Если галактика удаляется от нас со скоростью света, то испускаемый ею свет никогда не сможет нас достичь, а значит, невозможно создать такой прибор, который позволил бы нам узнать о существовании этой галактики. Мы не можем ни увидеть ее света, ни получить субатомные частицы из нее, ни даже определить ее гравитационное поле.

Соответственно, расстояние в 12,5 миллиарда световых лет представляет собой конец «наблюдаемой Вселенной». Существует ли что-либо за этим порогом или нет, — так или иначе, это что-то никак не способно ни повлиять на нас, ни

вообще обнаружить свое существование.

Итак, вот что представляет собой наша Вселенная: огромный пространственный шар, испещренный галактиками, в центре которого находимся мы сами и границы которого отстоят от нас на 12,5 миллиарда световых лет в любом направлении.

Немного странно для научно мыслящего ума звучит мысль о том, что мы находимся в центре Вселенной и все галактики разбегаются прочь от нас. В конце концов, что в нас такого?

Разумеется, ничего. И не стоит удивляться.

Общую теорию относительности Эйнштейна, провозглашенную им в 1916 году, можно применить и к модели расширяющейся Вселенной. По мере ее расширения содержащиеся в ней галактики разбегаются по все более увеличивающемуся объему пространства. Сами же галактики не рассеиваются, поскольку удерживаются воедино благодаря собственной гравитации. Каждая галактика все больше и больше отдаляется от других.

В такой расширяющейся Вселенной наблюдателю из любой галактики будет казаться, что все остальные галактики разбегаются прочь от него (за исключением, возможно, одной-двух

ближайших, которые могут входить в тот же блок галактик, что и его собственная). Более того, с точки зрения наблюдателя из любой галактики в расширяющейся Вселенной, будет казаться, что скорость, с которой от него разбегаются другие галактики, прямо пропорциональна расстоянию до них.

Соответственно, не важно, откуда смотреть, — Вселенная отовсюду будет выглядеть одинаково. Это называется «космологическим принципом». (Наука об устройстве Вселенной в целом называется «космология».)

Разбегание галактик могло бы представлять собой некое просто присущее пространству свойство, но в 1927 году бельгийский астроном Жорж Эдуард Леметр выдвинул физическое объяснение этому феномену. По его гипотезе, Вселенная расширяется вследствие некоего огромнейшей силы взрыва, произошедшего миллиарды лет назад. Изначально, по версии Леметра, вся материя во Вселенной была сжата в некое твердое тело с крайне высокой плотностью — «космическое яйцо». Оно по каким-то причинам взорвалось и разлетелось на части, которые к сегодняшнему моменту приняли форму современных галактик. Под действием того самого первоначального

взрыва галактики до сих пор разлетаются прочь друг от друга, и вот мы имеем Вселенную, которая расширяется.

С 1927 года многие приняли эту теорию на вооружение и разработали во всех подробностях. Самым, наверное, ярым сторонником этой теории стал американский физик русского происхождения Джордж Гамов.

Эта теория получила название «теория Большого взрыва», и она описывает Вселенную, в которой со временем происходят радикальнейшие изменения. Сначала (10-15 миллиардов лет назад, как считают сейчас астрономы) Вселенная представляла собой лишь шар из сверхплотной материи. Этот шар превратился во взорвавшуюся массу из раскаленных частей, находящихся пока что очень близко друг к другу. Со временем эти части остыли, рассеялись в пространстве, превратились в звезды и галактики и продолжают разбегаться и по сей день. Сейчас между этими частями уже лежит расстояние в миллионы световых лет, и со временем они становятся все дальше друг от друга.

Астрономов теория Большого взрыва, рисующая столь изменчивую Вселенную, не устроила. Троим из них, англичанам Герману Бонди, Томасу

Голду и Фреду Хойлу, в 1948 году пришла в голову мысль, что космологический принцип (по которому схема Вселенной для всех наблюдателей является одной и той же) следует признать неполным, если он относится только к наблюдателям из разных точек пространства, и что следует распространить его на наблюдателей из разных моментов времени. Дополнив соответствующим образом космологический принцип, они назвали его «совершенным космологическим принципом». По версии этих ученых, Вселенная в целом со временем не претерпевает никаких перемен, оставаясь неизменной на протяжении целых эпох.

Правда, факта расширения Вселенной они отрицать не стали. В их модели Вселенной галактики тоже разбегались. Ради сохранности своего расширенного принципа Бонди, Голд и Хойл предположили, что по мере расширения Вселенной и разбегания галактик происходит крайне медленное непрерывное творение новой материи — настолько медленное, что самые чувствительные наши приборы не в состоянии этого зафиксировать. К тому моменту, как расстояние между двумя разбегающимися галактиками удваивается в результате расширения пространства,

в промежутке между ними успевает появиться достаточно материи, чтобы из нее могла образоваться новая галактика.

Таким образом, несмотря на вечное расширение Вселенной, расстояние между ближайшими галактиками всегда остается одним и тем же, поскольку в наблюдаемой области Вселенной новые галактики образовываются с той же скоростью, с какой старые скрываются за ее пределами. Таким образом, внешне Вселенная всегда выглядела и будет выглядеть одинаково.

Обе теории, и Большого взрыва и Непрерывного творения, по-своему красивы, и у каждой из них имеются свои сторонники, которых возглавляют, соответственно, Джордж Гамов и Фред Хойл. Даже вне астрономической среды бушуют эмоции на этот счет. Одним нравится представлять себе зрелище колоссального взрыва в стиле «да будет свет!», другим импонирует аскетическая картина Вселенной без начала и конца, постоянно меняющейся и одновременно с этим неизменной. Так какая же из теорий верна? Можно ли это как-то установить?

Конечно, если бы существовала «астрономическая машина времени», проверить истинность обеих теорий было бы просто. Для этого нужно

было бы всего лишь отправиться на миллиард лет назад (или вперед) и быстренько взглянуть на Вселенную. Если она будет выглядеть примерно так же, как и сейчас, то Непрерывное творение кажется более правдоподобным, если же ее облик будет принципиально отличаться от сегодняшнего, то правильно будет принять теорию Большого взрыва.

И, некоторым образом, у астрономов такая машина времени есть.

Дело в том, что свет (как и любое другое излучение) не может двигаться быстрее, чем 299 800 километров в секунду. По нашим земным меркам, это очень быстро, но в масштабах целой Вселенной это черепашьи темпы. Свет от далеких галактик, который мы видим, добирался к нам миллиарды лет. Это значит, что, глядя на далекие галактики, мы видим их такими, какими они были миллиард или более лет назад.

Поэтому надо понять только одно — похоже ли то, что мы видим далеко-далеко, на то, что мы видим вокруг себя. Если далекие галактики выглядят такими же, как соседние с нами, без каких-либо принципиальных отличий, то, значит, о Большом взрыве (который подразумевает изменяющуюся Вселенную) можно забыть. Если же

они сильно отличаются от соседних, настолько, что ясно заметны изменения, происходящие со временем, то забыть можно уже о Непрерывном творении (которое подразумевает отсутствие принципиальных изменений).

Но на практике это не так просто. Разглядеть что-то, расположенное от нас за миллионы световых лет, — крайне сложно. Оттуда до нас доходят лишь скудные частицы размытого света. Если эти далекие галактики чем-то и отличаются от нашей, то мы, скорее всего, не сможем заметить этих отличий. Для того чтобы отличия были заметны, они должны быть огромными и очень принципиальными.

До 1950 года никаких таких отличий отметить не удавалось. Но вот была разработана новая технология, и появился новый инструмент, позволяющий еще дальше проникнуть в глубины космоса.

В 1931 году американский радиоинженер Карл Янский занимался решением одной совершенно не имеющей никакого отношения к астрономии задачи, связанной с расчетами статических помех радиопереговоров. Среди источников помех он обнаружил один, происхождение которого осталось неясным; Янский предположил, что

помехи приходят извне, из открытого космоса.

В то время его открытие не вызвало интереса; в первую очередь, потому, что ему не нашлось очевидного практического применения. Космические радиоволны оказались очень короткими, и достаточно чувствительных устройств, чтобы улавливать эти микроколебания, на тот момент еще не было. Однако позже оказалось, что радары работают именно на такого рода излучении, и после Второй мировой войны в ходе разработки радаров устройства для улавливания коротковолнового радиоизлучения из открытого космоса появились на свет. Так родилась «радиоастрономия» и в небеса уставились огромные приемники излучения (радиотелескопы).

Были получены радиоволны от Солнца и от нескольких туманоподобных объектов, которые ученые сочли остатками взорвавшихся звезд; были получены радиоволны даже из центра нашей Галактики, скрытого от непосредственного наблюдения с помощью обычного света огромными светопоглощающими пылевыми облаками, расположенными между центром Галактики и Солнечной системой. Оказалось, что радиоволны могут проходить сквозь эти облака.

К 1950 году на карте небес можно было отме-

тить уже более тысячи различных источников радиоволн, но лишь немногие из них можно было определить как видимые объекты. Проблема в том, что даже очень короткие радиоволны — все же гораздо длиннее световых, а чем длиннее волна, тем более размытый образ она рисует. Найти точный источник слабого далекого радиосигнала не проще, чем разглядеть мелкую картинку через замороженное стекло. В обоих случаях видны только расплывчатые пятна.

Тем не менее один особенно мощный источник радиоволн (получивший название «Лебедь А») был, после долгих терпеливых трудов, установлен достаточно точно к 1951 году. В районе, определенном как область этого источника, американский астроном немецкого происхождения Вальтер Бааде обнаружил галактику странной формы. При более подробном рассмотрении оказалось, что это не одна, а две галактики, находящиеся в процессе столкновения. Похоже, именно эта пара сталкивающихся в 700 000 000 световых лет отсюда галактик и представляет собой источник обнаруженного астрономами пучка радиоволн.

Так впервые стало ясно, что можно обнаруживать радиоволны с огромных расстояний. На

самом деле «радиогалактики», испускающие такие мощные радиоволны, как «Лебедь А», можно без особых трудов обнаруживать даже с таких расстояний, с каких света доходит слишком мало для самых чувствительных оптических телескопов.

Получается, что с помощью радиотелескопов можно проникать гораздо дальше в космос, а значит, получать информацию из очень отдаленных эпох прошлого.

У астрономов появилась долгожданная возможность. Допустим, что все или почти все источники радиоволн — это отдаленные галактики, подвергающиеся неким катастрофам, например сталкивающиеся или взрывающиеся, и поэтому испускающие радиоволны в чрезмерно большом количестве. Понятно, что такие катастрофы происходят далеко не с каждой галактикой, но галактик во Вселенной — миллиарды, так что ничего нет удивительного в том, что несколько тысяч «радиогалактик» в ней найдется. Этого достаточно.

Логично предположить, что чем более размыты радиоволны, тем дальше находится испустившая их галактика. Исходя из этого предположения, родилась идея подсчитать количество радио-

галактик на различных расстояниях от Земли. Если верна теория Непрерывного творения и Вселенная всегда была одинакова, то и количество катастроф во все времена должно быть примерно одним и тем же, а значит, радиогалактики должны быть более-менее равномерно распределены по степени удаления от Земли.

Если же, напротив, верна теория Большого взрыва, то в молодые годы Вселенной в ней было и горячее и теснее, чем сейчас, а значит, и катастрофы случались чаще. Значит, количество радиогалактик должно по мере удаления от Земли не оставаться прежним, а возрастать, ведь сигналы, получаемые нами с больших расстояний, отправлялись раньше, чем с малых.

В середине 1950-х годов английский астроном Мартин Райл тщательно подсчитал источники радиоволн и объявил, что количество их действительно возрастает по мере возрастания расстояния от Земли, что укладывается в положения теории Большого взрыва.

Правда, доклад Райла выглядел не совсем убедительно. Он был основан на данных об обнаружении и измерении очень слабых источников радиоволн, и малейшие ошибки, которые вполне могли произойти, лишали бы оснований все

выводы Райла. Поэтому сторонники теории Непрерывного творения хоть и помрачнели, но не отступились от своих представлений.

По мере все более и более точного установления источников радиоволн некоторые из них начинали привлекать все больше непосредственного внимания. Эти источники оказывались столь малыми, что напрашивался вывод о том, что это скорее не галактики, а отдельные звезды, а если так — то они находятся очень близко (на больших расстояниях отдельных звезд не различить) и выводы Райла ошибочны, поскольку основаны на той предпосылке, что все источники радиоволн — это отдаленные галактики. Так теория Непрерывного творения снова обрела право на жизнь.

Среди таких «компактных» источников радиоволн было несколько известных под названиями 3C48, 3C147, 3C196, 3C273 и 3C286. «3C» во всех этих названиях означает «Третий Кембриджский каталог радиозвезд» — этот список составляли Райл с коллегами, — а следующие за ним цифры являются порядковым номером звезд в каталоге.

Многие пытались установить, какие же именно видимые звезды соответствуют этим 3C. В Америке Аллан Сендидж тщательно обшаривал области расположения радиозвезд с помощью пятиметро-

вого телескопа в обсерватории Маунт-Паломар, готовый наброситься на любую подходящую звезду. В Австралии Сэрил Хазард сфокусировал радиотелескоп на 3C273 и стал дожидаться Луны. Как только Луна встала между ним и 3C273, радиосигнал прекратился. Понятно, что это произошло именно в тот момент, когда край Луны оказался непосредственно между ученым и источником сигнала.

Таким образом, к 1960 году звезды были обнаружены. Ни одна из них не была открыта заново — все эти звезды ученые уже видели ранее на фотопроекциях, но раньше их считали просто слабенькими звездами нашей собственной Галактики. Полученная информация об этих звездах, да еще вдобавок к данным об их повышенной радиоактивности, заставила взглянуть на них совершенно по-новому. Пара из них оказалась, по-видимому, закрытой облаками вещества, а 3C273 — испускающей в пространство нечто непонятное.

Более того, когда двое американских астрономов, Джесси Гринштейн и голландец по происхождению Маартен Шмидт, получили спектр этих звезд, он оказался очень странным. Те несколько полос, что в нем присутствовали,

были так странно расположены, что их нельзя было отождествить ни с одним из известных элементов. Загадка поставила ученых в тупик, и ее решение отложили до лучших времен.

В 1963 году Шмидт снова взялся за спектр 3С273. В нем было шесть полос, и его вдруг осенило, что расположение четырех из них напоминает знакомую последовательность полос, которой, правда, положено находиться совсем в другой части спектра. Чтобы они оказались там, где показывает анализ, должен был иметь место красный сдвиг небывалого масштаба. Возможно ли это? Шмидт взялся за изучение спектров других радиозвезд. При условии допущения красного сдвига такого масштаба можно было опознать каждую полосу из имевших место.

В течение следующих двух-трех лет в результате усиленного поиска по небесам было обнаружено около сорока подобного рода объектов. Был установлен спектр более половины из них, и везде имел место колоссальный красный сдвиг. В частности, оказалось, что одно из этих небесных тел удаляется от нас со скоростью 240 000 километров в секунду, находясь при этом на расстоянии около девяти миллиардов световых лет от нас (80 миллиардов триллионов километров).

Да, если допустить наличие такого значительного красного сдвига, то эти очевидные «звезды» должны находиться очень далеко от нас, поскольку теория расширяющейся Вселенной гласит, что причиной значительного красного сдвига всегда является большое расстояние до Земли. На самом деле получалось, что эти загадочные небесные тела находятся дальше от нас, чем любой другой известный объект во Вселенной.

То, что с такого расстояния выглядит звездой, явно является чем-то другим. Обычную звезду с такого расстояния увидеть просто невозможно. Поэтому новому классу звездоподобных небесных тел дали отдельное имя — «квазары», от латинского слова, означающего «подобный».

Квазары представляют для астрономов множество загадок. Если объяснять красный сдвиг и вправду эффектом расширения Вселенной и квазары действительно отстоят от нас на миллиарды световых лет, то они должны обладать поистине необычными свойствами. Чтобы обладать на таком далеком расстоянии той яркостью, какой они обладают, эти тела должны светиться сильнее, чем десятки галактик. А между тем есть основания полагать, что размер их невелик, скорее всего, от одного до десяти световых лет в

диаметре (сравните с сотнями тысяч световых лет протяженности обычной галактики).

Что же это за тела такие, если их вещество, умещающееся в столь малых размерах, при этом светит как десятки галактик? Тут, конечно, сколько астрономов — столько теорий, но что касается представлений о Непрерывном творении, то их судьба была решена и без дополнительных теорий, самим фактом существования квазаров.

Главное здесь тот факт, что обнаружено множество квазаров вдали от нас и ни одного — в пределах миллиарда световых лет. Получается, что в далеком прошлом Вселенной квазаров существовало множество, а сейчас их нет. Количество квазаров (которые, видимо, и являются источником всего или почти всего радиоизлучения, которому уделил столько сил Райл) с расстоянием только увеличивается, а значит, чем моложе была Вселенная, тем больше в ней было квазаров. Это означает, что со временем во Вселенной происходит как минимум одно значительное изменение — уменьшается количество квазаров. Этого уже достаточно, чтобы поставить крест на теории Непрерывного творения. Но лишь в том случае, если квазары действительно находятся так далеко от нас. Это предположение

основано на предпосылке, что причина столь значительного красного сдвига спектра квазаров — расширение Вселенной. А если это не так?

Допустим, что квазары — это небольшие куски соседних галактик, летящие прочь из ядер этих галактик вследствие некоего мощного взрыва. В последние годы действительно были отмечены примеры взрывающихся галактик, и сейчас астрономы тщательно следят за всеми галактиками, которые по какой-либо причине — странная форма, большое количество туманных пятен, признаки внутренних содроганий — выглядят нетипично. Несколько квазаров было обнаружено именно неподалеку от этих «странных галактик».

Совпадение? Может быть, квазары просто оказались на той же линии взгляда, что и «странные галактики»? Или их как раз вышвырнуло из галактик взрывом, затронувшим миллионы звезд? Если верно последнее предположение, то квазары могут находиться не так уж и далеко от нас. То есть одни могут находиться далеко, а другие — близко, что в целом не заставляет нас отказываться от теории Непрерывного творения.

Теоретически ничего невозможного в этом нет, но существуют аргументы против такой

гипотезы. Допустим, что квазары действительно выбрасываются из галактик с такой силой, что обретают близкие к световым скорости. Тогда лишь часть из них двигалась бы по направлению от Земли и их спектр имел бы огромный красный сдвиг, сбивающий ученых с толку и заставляющий считать квазары страшно далекими небесными телами.

Но примерно столько же квазаров летело бы тогда и по направлению к Земле с теми же околосветовыми скоростями, и в их спектре должен был бы обнаруживаться столь же огромный фиолетовый сдвиг.

А еще должны были бы существовать квазары, чья траектория лежала бы и не к Земле, и не от Земли, а более-менее перпендикулярно линии нашего взгляда, тогда в их спектре обнаруживался бы лишь умеренный красный или фиолетовый сдвиг, но, учитывая их потрясающую скорость, они заметным образом изменили бы свое положение на небе за пару лет наблюдений.

На самом же деле ученым неизвестно ни одного квазара с фиолетовым сдвигом спектра и ни одного квазара, который менял бы свое положение на небе. Все квазары имеют спектр с красным сдвигом, огромным красным сдвигом.

Полагать, что по чисто случайному совпадению все известные нам квазары выброшены мощными взрывами именно в направлении от Земли, было бы нелепо.

Так, под тяжестью фактов, свидетельствующих в пользу наличия огромного расстояния до квазаров, а значит, и против теории Непрерывного творения, сдался и сам Фред Хойл.

Отказ от теории Непрерывного творения совершенно не означает автоматического принятия теории Большого взрыва. Вполне возможно, что есть и третий вариант, который просто пока никому еще не пришел в голову. Для того чтобы теория Большого взрыва полностью подтвердилась, неплохо было бы найти какое-нибудь явление, которое эта теория сначала предсказала бы, а потом нашлось бы ему подтверждение.

К примеру, допустим, что Вселенная действительно изначально возникла как невероятно плотное космическое яйцо, которое впоследствии взорвалось. В момент взрыва температура в нем должна была подняться до неимоверной — может быть, до 10 миллиардов градусов по Цельсию.

Если это действительно так, то, будь наши приборы достаточно мощны, чтобы достигнуть,

например, самого края наблюдаемой Вселенной, с их помощью мы забрались бы достаточно глубоко в прошлое, чтобы уловить отголоски излучения, сопутствовавшего Большому взрыву.

При температуре порядка миллиарда градусов излучение должно быть крайне энергичным в рентгеновском диапазоне. Однако расширяющаяся Вселенная должна уносить источник этого излучения прочь от нас со скоростью близкой к световой. Это значительно ослабило бы энергию излучения — до такой степени, что, добравшись до нас, оно представляло бы собой уже радиоволны, правда обладающие определенными свойствами. В течение 1960-х годов ученые занимались установлением того, что это должны быть за свойства.

И наконец, в начале 1966 года в небе был обнаружен слабый фон радиоволн именно такого типа, который должны были испускать остатки Большого взрыва. Вот теперь уже точно можно говорить не только об опровержении теории Непрерывного творения, но и о прочном установлении теории Большого взрыва.

Что ж, тогда нам придется примириться с потерей. Перед лицом неизбежности личной смерти каждого из нас раньше даже у тех, кто не верит в

загробную жизнь, оставалось утешение. Можно было считать, что жизнь будет продолжаться вечно и без нас. Если бы Вселенная существовала в условиях Непрерывного творения, то у человечества оставалась бы возможность перелетать по мере необходимости из старой галактики в новую и существовать, таким образом, вечно. Индивидуальная смертность теряла практически всякое значение в такой божественной картине.

Но раз верна все же теория Большого взрыва, значит, у нашей Вселенной было начало и будет конец. Либо она будет растягиваться до тех пор, пока все галактики не состарятся, а звезды — не умрут одна за другой, либо достигнет некоего максимума, после которого снова начнет сжиматься, вернувшись в конечном итоге к первоначальному состоянию космического яйца.

В обоих случаях человечеству суждено будет исчезнуть, и на мечтах о богоподобии следует поставить крест. Смерть снова встает перед нами во всей своей неизбежности, и homo sapiens, как биологический вид, должен смириться с этим так же, как и каждый конкретный человек.

Но может быть, если Вселенная существует циклично, каждые сто миллиардов лет или около того возвращаясь к космическому яйцу, то на

каждом цикле будет возникать человеческий или подобный ему разум (или множество таких разумов), чтобы снова задаваться вопросом начала и конца всего сущего.

Часть вторая
О
БОЛЕЕ
ИЛИ МЕНЕЕ НЕИЗВЕСТНОМ

Раздел I
О ДРУГОЙ ЖИЗНИ
Глава 20
НАУКА В ПОИСКАХ ПРЕДМЕТА ИЗУЧЕНИЯ

Все, наверное, слышали анекдот о том, что сейчас производят столько замечательных лекарств, что для некоторых из них даже и болезни-то нет. «Лекарство без болезни» — именно в таком положении находится сейчас и новая наука экзобиология, «наука без предмета изучения».

Само слово «экзобиология» придумал американский биолог, нобелевский лауреат Джошуа Ледерберг. Слово «экзо» в переводе с греческого означает «вне», «снаружи», а сама наука с таким названием посвящена изучению внеземных форм жизни.

Каких еще внеземных форм жизни?

Неизвестно. Мы не знаем о существовании ни одной внеземной формы жизни, мы лишь подозреваем, что они могут существовать. Должны же быть в космосе другие звезды, подобные нашему Солнцу, вокруг которых кружатся планеты,

подобные нашей Земле? И каковы формы жизни, обитающие на этих планетах? Они — точно такие же, как мы? Или лишь немного похожи на нас? Или вообще не похожи на нас? Или даже невообразимы?

Ничего этого мы не знаем.

Даже в нашей Солнечной системе может иметься жизнь — на Марсе, скажем, или на Луне. Если это так, то какова она?

И этого мы не знаем.

Но размышлять мы можем совершенно свободно, и если реальных объектов для изучения у нас перед глазами нет, то придется обойтись рассуждениями на основе имеющихся в науке представлений. В этом смысле Ледерберг — экзобиолог, как и астрономы Уильям Синтон из Лоуэллской обсерватории, Стефен Доул из корпорации «Рэнд», Карл Саган из Гарвардской обсерватории или химик Гарольд Юри из Калифорнийского университета.

Доул, к примеру, в своей книге «Планеты, пригодные для человека» приходит к выводу (см. главу 22), что в одной лишь нашей Галактике имеется, по всей вероятности, около 640 000 000 обитаемых планет земного типа (а в других галактиках их может быть много миллиардов).

Саган идет еще дальше; он считает правдоподобным, что около 1 000 000 планет в одной лишь нашей Галактике обитаемы не просто живыми существами, но существами разумными, создателями развитых цивилизаций. Он даже выдвинул предположение, что представители разумных инопланетных форм жизни в далеком прошлом посещали Землю, и цитирует легенду о Вавилоне в доказательство того, что цивилизация была основана многомудрыми существами нечеловеческого происхождения.

Но на чем же можно основывать подобного рода рассуждения, если даже начать-то не с чего, если в нашем распоряжении нет даже малейшей частички внеземной жизни?

В ответ можно сказать, что нам есть с чего начать. Нам известна как минимум одна планета, сплошь пронизанная жизнью, — это наша собственная планета. Конечно, в определенном смысле рискованно и в крайней степени эгоцентрично делать какие-то глобальные выводы вселенского масштаба, основываясь на данных всего лишь одной малозначительной планеты, но существует вполне убедительная аргументация в пользу именно такого подхода.

Во-первых, с химической точки зрения Земля

— достаточно заурядная планета. Астрономы, изучая состав звезд и межзвездной материи по составу поглощаемого и отражаемого ими света, выработали уверенное представление об относительной распространенности во Вселенной тех или иных веществ.

Больше всего во Вселенной легких газов, водорода и гелия. Сила притяжения Земли во время формирования планеты была слишком мала, а температура на ней — слишком велика, чтобы эти два газа могли удержаться здесь. По той же причине мы утратили и еще несколько газов, например неон и аргон, но в остальном строение Земли по природе своей и по относительному содержанию химических элементов не отличается от строения Вселенной в целом.

Наша Земля — обычная, типичная планета. Она не состоит из каких-то редких элементов, случайное и нестандартное сочетание которых могло бы сделать ее уникальным плацдармом для зарождения жизни. На самом деле если где-то в космосе нам попадется планета, масса и температура которой будут схожи с земными, то следует ожидать, что и по химическому строению она будет схожа с Землей.

Итак, если нам попадется такая планета — к

встрече с какими живыми существами на ней нам готовиться? Чтобы дать ответ на этот вопрос, надо сначала разобраться, какие вообще могут быть живые существа.

По всей Земле обитает принципиально только одна форма живых существ. В основе всего живого, от простейшего вируса до огромнейшего кита или красного дерева, лежат белки и нуклеиновые кислоты (см. главу 6). Все эти живые существа используют одни и те же витамины, в их организмах происходят одни и те же химические реакции, энергия высвобождается и используется одинаковыми способами. Все живое движется одним и тем же путем, как бы ни отличались друг от друга разные биологические виды.

Более того, жизнь на нашей планете зародилась в море, и живые существа состоят ровно из тех химических элементов, которые в изобилии представлены (или были представлены) именно в морской воде. Нет в химическом составе живых существ никаких таинственных ингредиентов, никаких редких или волшебных первоэлементов, для обретения которых понадобилось бы очень маловероятное совпадение.

На любой планете с массой и температурой как у Земли тоже следует ожидать наличия океанов

из воды с раствором того же типа солей. Соответственно, и зародившаяся там жизнь будет иметь химический состав, сходный с земной живой материей. Следует ли из этого, что и в дальнейшем своем развитии эта жизнь будет повторять земную?

Вот тут точно уверенными быть нельзя. Из одних и тех же химических элементов можно собрать множество различных сочетаний. Не исключено, что в молодости нашей планеты, на самой заре зарождения жизни, в первобытном океане плавали тысячи принципиально самых разных живых форм. Допустим, что одна из них победила все остальные в конкурентной борьбе, и тут уже нельзя отрицать вероятность того, что это произошло по чистой случайности. А теперь единственность ныне существующей жизни может натолкнуть нас на ложный вывод, что именно такое строение живой материи является неизбежным.

Да, возможно, так и было. Но все имеющиеся у нас данные пока что свидетельствуют о противоположном. В 1950-х и 1960-х годах химики пытались искусственно повторить те условия, которые преобладали на первобытной Земле, и собственными глазами наблюдали спонтанное

формирование сложных молекул из простых веществ (см. главу 9).

Этими сложными молекулами оказались знакомые вещества, из которых и состоит наш организм: аминокислоты — кирпичики, из которых строятся белки, нуклеотиды — строительный материал для нуклеиновых кислот, порфириновые кольца — из них получаются хлорофилл и гемоглобин.

Все вещества, самостоятельно формирующиеся в системах, имитирующих первобытный океан, находятся на магистральном пути живой материи именно знакомого нам типа. Не было получено ни одного примера шага в сторону с этого пути. Может быть, когда-нибудь такой пример и будет получен, но с проведением каждого нового эксперимента вероятность этого события уменьшается.

Стало быть, на любой планете, похожей на нашу, химическая основа жизни, скорее всего, будет такой же, как и на Земле. Оснований считать по-другому у нас нет. Более того, весь ход эволюции в целом должен быть таким же. Под давлением естественного отбора все доступные регионы планеты будут заполняться живыми существами, обретающими необходимые способ-

ности для адаптации в этих регионах. На Земле после зарождения жизни в море постепенно произошли колонизация пресных вод существами, способными сохранять соль, колонизация суши существами, способными сохранять воду, и колонизация воздуха существами, получившими способность к полету.

И на другой планете все должно произойти точно так же — и там будут действовать те же ограничения на отклонения. Ни на одной планете земного типа летающее существо не сможет вырасти больше определенного размера, так как его должен держать воздух; морское существо должно или иметь обтекаемую форму, или передвигаться медленно и так далее.

Так что вполне разумно ожидать от инопланетных живых существ появления у них знакомых нам черт — просто из соображений рациональности. Двусторонняя симметрия «право-лево» тоже должна иметь место, как и наличие отдельно вынесенной головы с размещением там мозга и органов чувств. Среди последних обязательно должны быть световые рецепторы, аналогичные нашим глазам. Более активные живые формы так же должны употреблять в пищу растительные формы, и очень вероятно, что инопланетяне,

так же как мы, будут дышать кислородом — или поглощать его каким-то иным способом.

Короче говоря, инопланетные существа не могут быть совершенно непохожими на нас. Несомненно, впрочем, что в конкретных подробностях они будут от нас разительно отличаться: кто мог бы предсказать, скажем, облик утконоса до открытия Австралии или внешний вид глубоководных рыб до того, как люди смогли погрузиться до глубин их обитания?

Жизнь крайне изменчива в отношении множества мелких деталей. Несмотря на единую химическую базу и единое направление развития, количество возможных вариаций на тему настолько велико, что совершенно невероятно, чтобы, по странному совпадению, на другой планете реализовались в точности те же вариации, что и на Земле. Было бы странно ожидать, что инопланетянин будет выглядеть точно как человек; более того, странно будет ожидать даже приблизительного сходства. И все же у нас будет столько общего, что люди смело смогут считать такого рода инопланетян если не родными братьями, то двоюродными уж точно.

Однако, к сожалению, планет совсем уж земного типа в пределах досягаемости не наблюдается.

В нашей Солнечной системе только Венера имеет массу, близкую к земной, но температура на ней слишком высока, чтобы там могло зародиться что-то, хоть отдаленно напоминающее нашу жизнь. Марс, напротив, имеет температуру, не так сильно отличающуюся от нашей (в сторону похолодания), но масса его в десять раз меньше земной, и поэтому атмосферы там держится очень мало. На Марсе нет кислорода и почти нет воды.

Но так ли уж необходим для жизни кислород? Наличие этого газа в нашей атмосфере обусловлено, скорее всего, исключительно деятельностью зеленых растений (см. главу 13). До появления зеленых растений кислорода в воздухе, скорее всего, вообще не было, и жизнь зародилась без него. Даже по сей день еще существуют некоторые бактерии, которым для жизнедеятельности не нужен кислород; более того, для некоторых из них кислород вообще смертелен. Видимо, эти бактерии — реликты живой материи докислородной эпохи.

Да, у нас нет свидетельств того, что в отсутствие кислорода возможно существование живых существ сложнее бактерий, но уверенно отрицать такую вероятность мы не можем. Правильнее

всего будет признать, что если на Марсе и есть жизнь, то в условиях отсутствия кислорода она должна иметь крайне простые формы.

В начале 1960-х годов многие очень надеялись на то, что на Марсе действительно есть какие-то простые растительные формы жизни. На этой планете наблюдаются зеленые пятна, очертания которых меняются в зависимости от времени года, как будто растительность то наступает, то отступает. Синтон исследовал отражаемый Марсом свет и сделал вывод о присутствии там химических веществ, похожих на имеющиеся в растениях. Ученые пробовали выращивать в «марсоподобных» условиях — холод, нехватка воды, отсутствие кислорода — некоторые из простейших форм земной растительной жизни, и те выжили! На самом деле, простые формы жизни — бактерии и грибки — выживали у ученых в лабораториях даже в условиях имитации куда более суровой атмосферы Юпитера, насыщенной ядовитыми метаном и аммиаком.

К сожалению, признаки марсианской жизни слишком расплывчаты, и полагаться на них нельзя. Синтон обнаружил, что отражаемый Марсом свет можно истолковать и без привлечения растительной жизни. Саган разработал

теорию, объясняющую расширение и сжатие зеленых пятен также без упоминания о живой материи. И что хуже всего, Mariner 4, пролетая в июле 1965 года мимо Марса, сфотографировал поверхность этой планеты, и оказалось, что она испещрена кратерами. Наличие этих кратеров свидетельствует об отсутствии эрозии, а значит — о долгом отсутствии воды. Вероятность того, что на Марсе вообще когда-либо зарождалась жизнь, резко снизилась.

Но надежда еще теплится. Некоторые астрономы, и в их числе — Саган, до сих пор отстаивают версию о том, что на Марсе может иметься жизнь. Да, даже самые оптимистично настроенные сторонники этой гипотезы признают, что шансы невелики, но зато какие перспективы открыло бы перед наукой обнаружение жизни на Марсе! Если она будет обнаружена, пусть даже в простейшей форме, это будет огромный шаг вперед для экзобиологии.

Допустим, что базовое химическое строение марсианской жизни (если таковая существует) совпадает с нашим, что марсианская живая материя состоит также из белков и нуклеиновых кислот, а те — из тех же простейших строительных кирпичиков, что и на Земле. Тогда все наши

выкладки о единственности пути любой живой материи получили бы фундаментальное подтверждение.

Или, наоборот, предположим, что марсианская биохимия окажется принципиально отличной от нашей. Это было бы еще лучше. В распоряжении ученых впервые оказалась бы живая материя, совершенно непохожая на все, что они до сих пор видели. В результате, сравнивая две абсолютно разные структуры, они могли бы получить неоценимые знания о природе жизни, как таковой.

В общем, ученые не хотят ждать, пока человек долетит до Марса и выяснит непосредственно на месте, есть там что-нибудь живое или нет. Поэтому разработаны приборы, которые можно отправить на Марс в автоматическом режиме, чтобы произвести там пробы на наличие жизни. Такие исследования лежат в области «прикладной экзобиологии». Аппарат возьмет пробы марсианской пыли и грунта. Эти пробы, в которых, возможно, окажутся живые клетки, будут помещены в растворы солей и питательных веществ, способных поддерживать жизнь земного образца, а приборы будут отмечать и передавать на Землю данные о любых изменениях кислотности или прозрачности раствора.

Или, возможно, за отслеживаемый параметр будет принято содержание углекислого газа или наличие ферментоспецифических реакций.

Наличие таких изменений было бы сильным свидетельством в пользу не только существования жизни на Марсе вообще, но и наличия у этой жизни тех же биохимических механизмов, что и у нас.

Но что, если никаких изменений так и не будет зафиксировано? Будет ли это означать, что на Марсе жизни нет? Или что наш аппарат опустился в пустыне? Или что марсианские формы жизни не способны поддерживать свою жизнедеятельность на основе тех веществ, которые мы им предлагаем? Тут нельзя быть уверенными ни в чем. Придется ждать до тех пор, пока человек и в самом деле не окажется на Марсе!

Возможно, какие-то подсказки удастся получить с помощью Луны. На Луне мы окажемся через пару лет, и, хотя там, насколько нам известно, нет ни воздуха, ни воды, там все же может иметься жизнь. Остатки воздуха и воды могут задержаться во внутренних полостях Луны или кратерах, где и могут быть обнаружены простые формы жизни. Если лунная жизнь окажется принципиально отличной от земной, то такой

результат будет не менее удовлетворительным, чем будь он получен с Марса[9].

Если же окажется, что жизнь на Луне имеет в основе своей ту же химическую структуру, что и жизнь на Земле, то значимость этого факта явится еще большим вопросом. Вполне возможно, что ее занесли туда уже приземлявшиеся ранее аппараты с Земли.

Более того, некоторые астрономы считают, что в далеком прошлом, когда Земля и Луна были гораздо ближе друг к другу, а бомбардировка метеоритами была активнее, материя с одного из небесных тел могла попадать на другое. Юри недавно высказал предположение, что на Луну попало в свое время достаточно много воды с Земли, чтобы там могло образоваться на короткий срок некоторое количество озер. В таком случае Луна могла оказаться засеянной жизнью с Земли за множество эпох до начала космической программы, и для того, чтобы получить действительно экзобиологические данные, придется ждать полета на Марс.

Однако, несмотря на все вышеприведенные

---

[9] notes: ~ _ftn9 ~

[9] Напомним на всякий случай, что человек действительно высадился на Луне в 1969 году, но никакой живой материи при этом обнаружено не было. (*Примеч. пер.*)

рассуждения, мы вынуждены вернуться к изначальному постулату: в настоящий момент у экзобиологии полностью отсутствует предмет для изучения. Все, что мы можем делать, — это теоретизировать, пусть убедительно, но пока безосновательно.

Многие биологи (особенно известный гарвардский зоолог Джордж Гейлорд Симпсон, большой любитель фантастики и человек, никак не страдающий отсутствием воображения, и Феодосий Добржанский из Университета Рокфеллера, человек исключительного интеллектуального дарования) уже выходят из себя по поводу излишнего, на их взгляд, энтузиазма науки, до сих пор не имеющей никакого реального содержания.

Так что, несомненно, экзобиологи должны действовать постепенно, шаг за шагом.

Шаг 1: выработать прочную базу, основываясь на единственном известном нам типе жизни — земном.

Шаг 2: опробовать свои осторожные выводы на материале, полученном на Луне и на Марсе, когда дотуда доберется или сам человек, или соответствующие цели исследования приборы.

Шаг 3... Хотя нет, давайте сначала лучше дождемся выполнения шага 2.

Глава 21
МЫ, УМЕРЕННЫЕ

Здесь, на Земле, жизнь развивалась по множеству различных направлений, идеально приспосабливаясь к самым разнообразным условиям окружающей среды, принимая такие формы, до каких не додумалось бы и самое безумное воображение, если бы только они не существовали в реальности.

Наверное, этому не стоит слишком уж удивляться. Насколько нам известно, живая материя состоит из молекул, которые достаточно сложны и велики для того, чтобы удовлетворять переменчивые и многочисленные требования, выдвигаемые жизнью. Эти молекулы должны быть, несмотря на свою сложность, достаточно стабильными для того, чтобы сохранять свою структуру в одних определенных условиях, и при этом достаточно нестабильными, чтобы моментально видоизменяться при других определенных условиях. Такие большие, сложные и стабильно-нестабильные молекулы найти непросто. Самыми важными молекулами такого

типа на Земле являются белки, и, по-видимому, замены им быть не может.

Более того, все перемены, происходящие с белками в процессе жизнедеятельности, могут происходить только при условии наличия воды. Жизнь зародилась в океане, и именно вода до сих пор составляет от 50 до 80 процентов в организмах даже сухопутных живых существ.

Так что химическая основа всех разновидностей жизни на Земле, а может — и на других планетах должна быть белково-водной (где строением белков управляет сложная система нуклеиновых кислот). Если нам суждено когда-либо встретиться с инопланетными живыми существами, то сейчас нельзя предсказать, будут ли они крылатыми, зеленокожими, десятиногими, яйцеголовыми или двухвостыми; но с большой долей вероятности можно утверждать, что их химическое строение будет белково-водным под управлением нуклеиновых кислот.

Однако что, если жизнь на других планетах не похожа на земную? Это касается, например, планет, находящихся так близко к своему солнцу, что поверхность их разогрета выше точки плавления свинца, или, наоборот, так далеко от своего солнца, что вода на них представлена

только в форме непробиваемых ледяных шапок? Обречены ли такие миры на вечную пустоту? Если живая материя в принципе может быть только белково-водной, то, по-видимому, да.

Но так ли это? Есть ли у нас уверенность, что других схем живой материи в принципе не может быть?

Предположим, к примеру, что на планете, на которой нет и никогда не было воды в жидкой форме из-за страшного холода, нашлось вещество, занявшее нишу воды в условиях низкой температуры. На самом деле такое вещество нам известно — это аммиак.

Наверное, все знают нашатырный спирт — прозрачную жидкость, внешне похожую на воду, но имеющую специфический резкий запах. Это водный раствор аммиака.

Сам по себе аммиак при обычных температурах газообразен. Причем это газ слезоточивый и ядовитый. На Земле для того, чтобы он стал жидкостью, его приходится специально охлаждать до -34 °С. И при температуре выше -73 °С он не замерзает. Точный момент его перехода из жидкого в газообразное состояние зависит еще и от такого параметра, как атмосферное давление на планете, но в любом случае он остается жид-

костью при температуре градусов на пятьдесят ниже точки замерзания воды.

Холодные планеты нашей собственной Солнечной системы, например Юпитер и Сатурн, имеют много атмосферы, состоящей в основном из водорода и гелия, но содержащей также аммиак и метан. Возможно, подобными атмосферами обладают и некоторые их спутники, и вообще, есть все основания полагать, что любая крупная холодная планета будет иметь такого рода атмосферу.

И химические свойства аммиака очень похожи на химические свойства воды. Химики уже демонстрировали, что поведение веществ при растворении в аммиаке сходно с поведением веществ при растворении в воде, так что белково-аммиачная основа жизни вполне вероятна в тех условиях, где слишком холодно для зарождения жизни белково-водной.

Биохимия, в основе которой лежит такая связка, должна радикально отличаться от всего, что мы знаем. Наши белки, достаточно активные для того, чтобы участвовать в реакциях жизнедеятельности при обычных для Земли температурах, при температурах жидкого аммиака становятся инертными — скорее всего, слишком инертными для того, чтобы соответствовать требованиям,

предъявляемым к живой материи. Однако известно, что существуют химические вещества, при температуре жидкой воды слишком активные и слишком нестабильные, чтобы просуществовать дольше секунды. В условиях более низкой температуры они могут оказаться ровно настолько стабильными, чтобы послужить практической основой жизни.

И еще — земные организмы потребляют пищу, содержащую сложные молекулы, богатые атомами углерода и водорода (растения такой пищи не поедают, они сами изготавливают эти сложные молекулы, используя для этого солнечную энергию). Атомы водорода вступают в соединение с атомами кислорода, и высвобождаемая при этом энергия поддерживает жизнь.

Но на холодных планетах кислорода в атмосфере нет. Вместо него есть водород. Возможно, что пищей «аммиачных» существ смогут служить сложные молекулы, богатые углеродом и кислородом, — молекулы такого типа были бы слишком нестабильны, чтобы существовать в условиях земного диапазона температур. Тогда атомы кислорода, содержащиеся в пище, могли бы вступать в соединение с атомами водорода, получаемыми из атмосферы. Энергия при этом

высвобождалась бы точно таким же образом, как и при нашем обмене веществ.

Даже если планета слишком холодна для того, чтобы аммиак на ней не замерзал (а именно такие температуры властвуют на самых далеких планетах нашей Солнечной системы, Уране и Нептуне), это не полностью отнимает у нее возможность стать колыбелью жизни. Остается еще метан, представляющий собой здесь, на Земле, основной компонент так называемого «природного газа», используемого для приготовления пищи и обогрева жилья. Метан еще тяжелее расплавить, чем аммиак; он становится жидким только при температурах ниже -184 °C.

Однако химические свойства метана полностью отличаются от свойств воды или аммиака. В отличие от двух последних жидкостей обычные белки не растворяются в метане. Зато растворяются некоторые жирные вещества, и, возможно, на очень холодных планетах место белков могут занять сложные жиры. Такие сложные жиры существуют на самом деле, и некоторые их них по сложности не уступают белкам; так что нет ничего принципиально невозможного в зарождении метаново-жировой жизни.

А что же планеты, наоборот, горячие, более

близкие к Солнцу? Они должны быть маленькими и не иметь атмосферы в обычном понимании. На них могут лишь в небольших количествах удерживаться малопригодные для обмена веществ газы, например, газообразная сера или ртуть. Воды на таких планетах точно нет; если даже когда-то она и была, то давным-давно выкипела.

Возможно, жизнь может зародиться на основе веществ, которые имеют при высоких температурах жидкую форму. Сера, по химическим свойствам несколько напоминающая кислород, находится в жидком состоянии при температурах от 112°C до 437°C. Возможна ли жизнь на серной основе?

Если и да, то белковой она быть не может. Белки при таких высоких температурах совершенно нестабильны. Обычные белки, как и все остальные сложные молекулы живой ткани, в том числе — правящие бал нуклеиновые кислоты, состоят по большей части из атомов углерода и водорода с небольшими вкраплениями кислорода, азота, серы и фосфора.

Иными словами, молекулы наших организмов — производные от углеводов.

Однако во время Второй мировой войны в ходе

работы над созданием атомной бомбы химики обнаружили, что атомы водорода в такого рода молекулах можно заменить атомами фтора (фтор — это очень едкий ядовитый газ). Получающиеся в результате фтороуглеводные соединения имеют те же свойства, что и углеводы, но являются гораздо более стабильными. Сложные химические вещества, состоящие из производных фтороуглеводных соединений, слишком стабильны для обеспечения гибкости, необходимой для живой ткани, но при температурах жидкой серы они могут стать в достаточной степени нестабильными. «Могут», потому что очень трудно судить по простым молекулам определенного типа, какими свойствами будут обладать сложные молекулы того же типа. Вот пример: искусственно синтезированная человеком молекула нейлона по строению сходна с молекулой белка. Если бы стабильный и инертный нейлон был единственным веществом своего типа, доступным для анализа, то кто мог бы предсказать на основе его изучения существование сложных, нестабильных белковых молекул со всей их гибкостью и химической активностью?

Есть еще один вид молекул, способных образовывать сложные структуры, возможно

стабильные при высоких температурах. Речь идет о кремниевых соединениях. Они состоят в основном из цепочек атомов кремния и кислорода, в качестве примера можно привести земные камни. Однако к этим цепочкам могут присоединяться и углеводные (или, возможно, фтороводородные) группы, придавая молекулам необходимую гибкость.

Такого рода кремниевые соединения были разработаны в лабораториях здесь, на Земле, за последние несколько десятков лет. Помимо прочего, твердые кремниевые соединения служат в качестве искусственной резины, а жидкие — в качестве гидравлических жидкостей. Так что можно представить себе горячие планеты населенными живущими в лужах жидкой серы существами с резиновыми тканями, по жилам которых текут гидравлические жидкости.

На горячих планетах живым существам не обязательно использовать химические реакции для получения энергии. Имея под рукой солнце, размером и яркостью десятикратно превышающее наше, эти существа, будь они хоть фтороуглеродными, хоть кремниевыми, смогут впитывать солнечную энергию напрямую.

Встретимся ли мы в будущем с чем-либо подоб-

ным на самом деле?

Даже если нам никогда не суждено добраться до других звезд, то долететь до других планет нашей Солнечной системы смогут уже наши внуки. А все эти планеты, за исключением Марса с, может быть, проживающими на нем простейшими растениями, совершенно не похожи на нашу Землю. Что обнаружится на такой горячей планете, как Меркурий? Ничего, кроме мертвого камня и дымящейся серы? А на холодных мирах, таких, как крупнейший спутник Сатурна Титан? Ничего, кроме твердокаменного льда и леденящего метанового ветра?

Нельзя быть уверенными до конца.

Мы уже приняли на веру одно важное допущение, поверив, что Земля может быть не единственным населенным миром во Вселенной, а может быть — и не единственным миром, населенным разумными существами. Может быть, когда-нибудь нам придется еще больше расширить горизонты сознания и поверить, что и с химической точки зрения наш вариант развития не единственный?

Если это действительно так, то в конце концов мы можем с изумлением прийти к возможности изучать как фтороводородный или кремниевый

метаболизм горячих, так и аммиачный или метановый метаболизм холодных, а самих себя типировать как пример белково-водных умеренных.

Почему бы и нет? Ведь как в науке, так и во всех остальных областях деятельности человека, именно жажда новых открытий заставляет что-то предпринимать!

Глава 22
ЕСТЬ ЗДЕСЬ КТО-НИБУДЬ?

Сядь, Джессика. Взгляни, как небосвод
Весь выложен кружками золотыми;
И самый малый, если посмотреть,
Поет в своем движенье, точно ангел,
И вторит юноким херувимам.
Гармония подобная живет
В бессмертных душах; но пока она
Земною, грязной оболочкой праха
Прикрыта грубо, мы ее не слышим[10].

---

[10] notes: ~ _ftn10 ~

[10] [broken link: #_ftnref10] Цит. по пер. Щепкиной-Куперник. (*Примеч. пер.*)

Так говорил Лоренцо в шекспировском «Венецианском купце», безуспешно стараясь расслышать музыку сфер.

Со времен Шекспира люди частично преодолели ограничения, накладываемые «грязной оболочкой праха», с помощью новых инструментов — телескопов, спектроскопов, фотоаппаратов и волновых усилителей. Сейчас мы способны в буквальном смысле слышать музыку сфер, поскольку Вселенная кишит радиоволнами. Если их перевести в звуковые, получится всего лишь грубый треск помех, но для очарованных астрономов этот треск кажется поистине ангельской музыкой.

Из некоторых невидимых точек на небосводе приходят волны непохожие на другие. Две такие точки были впервые отмечены в 1960 году и позже включены в каталог активных источников радиоволн, составленный в Калифорнийском технологическом университете. Согласно номерам этого каталога, два вышеупомянутых источника получили названия СТА-21 и СТА-102. В 1963 году англоамериканская группа астрономов отметила эти источники как заслуживающие отдельного изучения, а в октябре 1964 года ведущий советский астроном Николай Кардашев занялся этим

изучением вплотную.

Он пришел к выводу, что естественные явления неживой природы не могут служить причиной такого излучения, какое доходит до нас из CTA-21 и CTA-102, и предположил, что это сигналы радиомаяков, выставленных разумными существами, находящимися на высоком уровне технического развития.

Стоит ли сразу отметать подобные предположения, как фантазии? Ни в коем случае! Это маловероятно, что признает, кстати, и сам Кардашев, но это не фантазия! После Второй мировой войны астрономы все больше и больше убеждаются, что где-то в бескрайних глубинах космоса и вправду существует некий иной разум. На эти мысли ученых натолкнула смена теорий, касающихся происхождения Солнечной системы и жизни.

По поводу возникновения Солнечной системы существуют две теории: теория катастроф и эволюционная теория. Согласно первой, когда две звезды сближаются, проходя мимо друг друга, из недр каждой из них оттягиваются большие массы вещества, позже оседающие в пространстве с образованием планет. Согласно второй, звезда образуется из огромного газо-пылевого облака, а

из материи, расположенной по краям облака, в то же время и по такому же принципу образуются планеты.

В первой половине XX века общепринятой считалась теория катастроф. Однако по мере более глубокого понимания природы звездного вещества астрономы отбросили ее. Материя, оттянутая из солнца гравитационным полем пролетающей мимо звезды, не может конденсироваться с образованием планет — она слишком горяча для этого.

В 1944 году немецкий астроном Карл фон Вайцзеккер выдвинул новую версию эволюционной теории, встретившую всеобщее одобрение. Все споры среди астрономов свелись к тому, какие именно модификации этой теории лучше подходят для объяснения тех или иных феноменов, но практически все согласны, что именно эволюционная теория в той или иной версии лучше всего отражает действительность.

Этот факт очень важен для вопроса о том, существуют ли другие разумные создания. Если для образования планет необходима катастрофа, то во Вселенной, наверное, очень мало планет, поскольку звезды практически никогда не подходят близко друг к другу.

Если же планеты закономерно появляются в ходе естественной эволюции, сопутствующей возникновению звезды, то они должны быть обычным делом. Тогда практически при каждой звезде должен иметься набор планет — именно так сейчас считают астрономы.

Сколько же этих планет могут быть подобны Земле, а значит — послужить колыбелью жизни в том виде, в каком мы ее знаем? Доктор Стефен Доул из корпорации «Рэнд» попытался ответить на этот вопрос на основе имеющихся знаний.

В нашей Галактике, Млечном Пути, насчитывается приблизительно 135 миллиардов звезд. Однако из них лишь те, размер которых укладывается в определенные рамки, могут служить подходящими солнцами для планет, подобных нашей. Для того чтобы относиться к «земному типу», планеты должны иметь определенный размер, находиться на определенном расстоянии от солнца, иметь определенный период оборота и т. д.

Принимая в расчет все уместные параметры, доктор Доул делает вывод о существовании в нашей Галактике около 640 миллионов планет земного типа.

Если эти планеты распределены по Галактике

равномерно, то ближайшая из них находится на расстоянии 27 световых лет от нас (то есть 240 миллионов километров). В радиусе 100 световых лет от нас, таким образом, может иметься 50 планет, похожих на нашу.

Есть ли жизнь на этих планетах? Сейчас можно ответить: да, почти наверняка есть. По данным последних экспериментов получается, что зарождение жизни — не редкая случайность, причиной которой стало некое маловероятное соединение химических элементов, а явление, закономерное для любой системы, условиями сходной с первобытной Землей (см. главы 20 и 21).

Но на скольких из этих планет есть именно разумная жизнь?

Перед этим вопросом наука оказывается в тупике. На него ответить невозможно. Жизнь на Земле существовала уже два или три миллиарда лет к тому моменту, как появились разумные виды животных. Вполне возможно, что это была как раз уже редкая случайность, и гораздо больше вероятность того, что на протяжении всего существования планеты жизнь будет существовать на ней, так и не достигнув разумной стадии.

Сказать ничего точного на этот счет нельзя (доктор Доул своих предположений не выдви-

гает), но даже если предположить, что шанс возникновения искры разума на обитаемой планете — один к миллиону, то все равно получается, что по нашей Галактике разбросано около тысячи видов разумных существ. А если это так, то некоторых из них должна выдать их активность — особенно если они сами, по каким-то причинам, хотят быть услышанными. Маловероятно, что, прислушавшись к Вселенной, мы услышим чье-то послание; но маловероятно — не значит исключено!

Для того чтобы послать сообщение живым существам, обитающим на планете другой звездной системы, как и для того, чтобы получить такое сообщение, требуется носитель сигналов, способный перемещаться сквозь обширные просторы космоса. Мы знаем три типа таких носителей. Это: 1 — гравитационное поле, 2 — поток субатомных частиц и 3 — электромагнитное излучение.

Из этой троицы со стороны Солнца и Луны сильнее всего до нас доходит гравитационное поле. Именно им определяется наш путь вокруг Солнца, и именно оно вызывает приливы и отливы океанов. Более слабое воздействие гравитационного поля Венеры и Марса можно заметить по легким колебаниям движения Луны.

Однако гравитационная сила — самая слабая по природе. Гравитация других звезд достигает нас столь ослабленной, что не существует никакого способа ее ощутить. К тому же, даже будь она сильнее, мы все равно не смогли бы послать в космос осмысленное послание с помощью гравитационного луча, ведь не существует способов включать и выключать гравитацию, а значит, по отношению к гравитации нельзя использовать никакого кода вроде точки-тире для азбуки Морзе.

Потоки субатомных частиц (объектов меньших, чем атомы) достигают нас в виде протонов и электронов, испускаемых Солнцем, и космических лучей (протонов с крайне высоким содержанием энергии и еще более массивных электрически заряженных частиц) из более удаленных источников. Люди умеют запускать потоки таких частиц, могут включать и выключать их, но в очень небольших количествах.

И даже если бы мы могли испускать мощные потоки субатомных частиц с силой, способной перебросить их от звезды до звезды, мы не смогли бы точно нацелить весь этот поток. Траектории частиц будут искривляться под воздействием каждого магнитного поля, мимо которого

они будут пролетать, а таких полей в космосе очень много. А в конечном итоге подавляющее большинство этих частиц будет поглощено или видоизменено атмосферой, которая непременно должна иметься у планеты земного типа.

Есть один тип субатомных частиц — нейтрино, — лишенный всех описанных недостатков. Нейтрино могут лететь по прямой от звезды к звезде, не подвластные влиянию ни гравитации, ни магнитных полей, ни атмосфер. У этих частиц есть только один недостаток — их практически невозможно обнаружить.

Итак, остается только электромагнитное излучение. Сквозь нашу атмосферу проникают два вида этого излучения. Один из них — это обычный свет, а второй — высокочастотные радиоволны, именуемые еще «микроволнами». И то и другое легко произвести и легко заметить, и то и другое не подвластно ни магнитным полям, ни атмосферам, то есть — оба вида излучения идеально подходят для передачи сигнала.

Казалось бы, первым делом выбор должен пасть на свет. Воображение сразу рисует огромный прожектор, мигающий звездам азбукой Морзе. Однако тут возникает ряд принципиальных сложностей.

Во-первых, источников света в Галактике, с ее миллиардами звезд, хоть отбавляй, и один слабый сигнал в них обязательно затеряется. В частности, свет, источник которого находится на некоей далекой планете, будет заглушён светом ее же звезды. Хотя с этим как раз можно поспорить — представим себе, что из прожектора будет исходить не обычный свет, а луч лазера (см. главу 11). Характерный свет лазера хорошо отличим от обычного звездного света, да и само наличие лазера будет свидетельствовать о нашем разуме. Есть, кстати, смелое предположение, что некая очень высокоразвитая цивилизация может и сами звезды использовать в качестве передатчиков. Известно, что некоторые из квазаров (см. главу 19) меняют со временем яркость свечения. Может быть, некие сверхсущества используют их для передачи своего аналога азбуки Морзе? Еще раз подчеркиваю — это очень маловероятно, но само предположение крайне интересно.

Однако свет имеет еще один недостаток как носитель информации — он не способен проникать сквозь густые пылевые облака, а в нашем углу Галактики очень пыльно. Именно из-за этого нам не видно яркого света миллиардов звезд центра нашей Галактики — пылевые облака заслоняют

весь свет.

Остаются только микроволны. Они без проблем проходят сквозь пылевые облака, и мы можем принимать микроволны, исходящие из центра Галактики.

Источников микроволн на небосводе гораздо меньше, чем источников света. (Некоторые из них можно увидеть, поскольку свет они тоже излучают, но большинство ни с какими видимыми объектами пока для нас не связаны.) Поэтому нетипичный источник радиоволн гораздо легче заметить, чем нетипичный источник света. Да и Солнце не затмит радиоволн, исходящих с вращающейся вокруг нее планеты, — очень немногие звезды являются по совместительству еще и сильными источниками радиоволн.

Измерить длину отдельных волн микроволнового луча, поступающего из открытого космоса, легко. Большинство радиоисточников имеют длину волны порядка метра. Однако для коммуникации лучше использовать короткие микроволны. Считается, что идеальной будет длина волны порядка 7-15 сантиметров. У таких волн меньше всего вероятность подвергнуться искажению по долгой дороге или затеряться в микроволнах от естественных источников.

Именно этим обусловлен резкий интерес к излучению CTA-21 и CTA-102. Микроволны, поступающие из этих источников, имеют длину по большей части от 10 до 40 сантиметров, а больше всего — в районе 30 сантиметров. Не идеально, но близко к идеалу, гораздо ближе, чем у волн из других источников. Более того, насколько астрономы смогли разобрать, эти волны имеют точечный источник в небесах, вполне возможно — находящийся на планете. Источники обычного радиоизлучения гораздо крупнее, как правило, они представляют собой большое газовое облако.

Если микроволновое излучение CTA-21 и CTA-102 и впрямь продукт деятельности разумных существ, то эти существа явно стоят на более высокой ступени развития, чем мы.

Сейчас человек производит на Земле электричество мощностью 4 миллиарда киловатт. Если всю эту мощность потратить на питание микроволнового передатчика, то этой энергии не хватит — сигнал рассеется и ослабеет, как ни старайся сделать его четким, и к тому моменту, как он достигнет ближайших разумных соседей, его уже невозможно будет определить. Для производства передатчика, способного создать столь

сильный сигнал, чтобы его можно было различить, требуется цивилизация, владеющая гораздо большими энергетическими запасами, чем мы.

Производство человеком энергии растет процента на 3-4 в год. Если темпы сохранятся прежними, то через 3200 лет мы будем производить столько же энергии, сколько Солнце, и тогда сможем заявить о своем присутствии с помощью передатчиков, сигналы которых пронизывают всю Галактику вдоль и поперек. Так что если уже сейчас мы можем распознавать сигналы, посланные другими живыми существами, то, значит, они опережают нас в технологическом развитии на несколько тысяч лет.

Строго говоря, не следует воспринимать примеры именно CTA-21 и CTA-102 слишком серьезно. Эти объекты находятся страшно далеко от нас, может быть, это вообще квазары, и нет никаких сомнений, что испускаемое ими излучение можно объяснить и не прибегая к представлениям о разумных существах.

И все же допустим, что некие разумные существа с ближайшей звезды хотят достучаться до нас. Или мы до них. Что надо сообщить в первом послании? Не использовать же и впрямь азбуку Морзе, не ждать же от них, что они тоже говорят

по-английски? Надо придумать что-то универсальное, что-то, что должен понять любой. К примеру, можно предположить, что представители любой сверхцивилизации должны знать математику и что математические выражения, верные здесь, будут верны и там.

Так, допустим, что мы выдаем два сигнала микроволн, потом еще два, а потом четыре. Затем, после длинной паузы, — три, три и девять. Потом — опять первую последовательность, потом опять вторую, и так далее: 2,2, 4… 3,3,9… 2, 2,4… 3,3,9…

Если в ответ мы получим сообщение 4, 4, 16 — значит, есть контакт!

Или можно попробовать применить столь же универсальный язык химии. Есть фиксированное количество типов стабильных атомов, которые должны быть одними и теми же по всей Вселенной. Атомы каждого типа состоят из определенного сочетания двух видов частиц — протонов и нейтронов.

Самый простой из них, водород-1, состоит из единственного протона, следующий, водород-2, содержит протон и нейтрон. Следовательно, мы можем передать числа, представляющие собой строение разных атомов в порядке возрастания

их сложности. Начав с водорода-1 (1) и водорода-2 (1-1), мы можем перейти к гелию-3 (2-1), гелию-4 (2-2), литию-6 (3-3) и литию-7 (3-4).

Итак, допустим, что мы снова и снова повторяем последовательность чисел 1… 1-1… 2-1… 2-2… 3-3… 3-4… Если инопланетное разумное существо получит эту последовательность чисел, опознает в ней описание строения первых простых атомов и передаст в ответ значения для следующих в цепочке атомов — бериллия-9 (4-5) и бора (5-5), то контакт можно считать установленным.

Можно попытаться и через геометрию. Для этого надо выслать строчку быстрых пульсаций, среди которых будет периодически повторяться пульсация особого рода. После паузы — выдать другую подобную строчку и т. д. Каждая строчка должна при этом содержать чуть отличающуюся по рисунку особую пульсацию.

Если все эти строчки будут записаны одна под другой, то «особая пульсация» должна образовать окружность или иной похожий рисунок. Таким образом можно передавать и простые геометрические теоремы: рисунок правильного треугольника с квадратами на каждой из сторон будет означать, что сумма квадратов катетов равна квадрату гипотенузы.

Более того, таким образом можно передавать даже простые рисунки — например, показать, что у человека четыре конечности, на двух из которых он стоит, что у людей два пола и т. д. Если ответ придет в виде аналогичных картинок, то вот он и контакт.

Конечно, такое общение может продвигаться только очень медленно, поскольку планета, жители которой смогут нам ответить, может оказаться в любом уголке Галактики за тысячи световых лет от нас. Даже если разумные существа обитают от нас на расстоянии всего 500 световых лет, то никакого оптимизма насчет общения с ними быть уже не может.

Ведь в этом случае радиоволнам, как и любому другому подходящему носителю информации, придется добираться от нас до братьев по разуму целых 500 лет, и еще 500 лет пройдет, пока до нас дойдет их ответ.

Какая может быть польза от диалога, между репликами в котором проходит по тысяче лет?

Во-первых, огромное значение будет иметь в таком случае сам факт диалога. Люди точно узнают, что они не единственные разумные существа во Вселенной, и даже, может быть, не самые разумные в ней. Это открытие окажет сильнейшее

влияние на религию, на философию и на мировоззрение человечества в целом.

Во-вторых, для того чтобы продолжать говорить, ни нам, ни нашим инопланетянам не нужно обязательно дожидаться ответа. Стоит лишь убедиться в наличии собеседника, и можно приступать к передаче информации сплошным потоком, а в результате мы получим полноценное общение, состоящее из замечаний, ответы на которые придут только в далеком будущем, и ответов на замечания из далекого прошлого.

Да и само ожидание нельзя считать впустую потраченным временем. Его можно провести чрезвычайно плодотворно. Если мы вышлем в космос простые картинки, каждую из них можно сопроводить соответствующим ей кодом морзянки. Так, рисунок человека можно сопроводить словом MAN — «человек» по-английски. Рисунок человека в различных позах можно подписать «MAN WALK», «MAN STAND» — «человек идет», «человек стоит» и т. д

За 500 лет можно послать достаточно много сигналов, и если разум наших собеседников превосходит наш, то они без труда расшифруют наш код. А получив некий первоначальный словарь, они могут в дальнейшем уже безо всяких карти-

нок выводить смысл неизвестных им английских слов из смысла известных.

Когда же 500 лет пройдут, и они начнут отвечать, вполне может оказаться, что они все прекрасно поняли, и лет за сто переключились в общении с Землей полностью на английский (а то, может, и на русский).

Возможно, что даже простейшие формы общения, с которых может начаться контакт между разнопланетными разумами, послужат для перекрестного опыления идеями. Мы можем сообщить им протонно-нейтронные сочетания для различных атомов, а в ответ получить список тех же атомов, выстроенных по какому-то непонятному для нас параметру, и, решая загадку этого параметра, наши ученые могут открыть для себя много нового.

Не обязательно даже ждать прямых и конкретных сведений. Сам факт межзвездного сообщения может поспособствовать развитию наших технологий. Способность посылать в космос все более и более сильные лучи или распознавать все более и более слабые ответные, может найти применение во многих далеких от межзвездных коммуникаций областях.

Да и работы по решению задачи о том, как

сконцентрировать наибольший объем информации в нескольких символах, могут привести к значительным достижениям в области теории информации. Усилия, направленные на то, чтобы понять ход мыслей чужого разума, находящегося за множество световых лет от нас, могут привести к установлению контакта, к примеру, с нашими земными дельфинами и более того — к улучшению качества общения между самими людьми. Последнего пункта самого по себе достаточно для того, чтобы любые затраты на установление контакта с инопланетянами стоили того.

Остается еще один вопрос: а не опасно ли это? Стоит ли вообще привлекать к себе внимание каких бы то ни было сверхцивилизаций? Представьте себе, что на некоем девственном материке живут шимпанзе, представляя там высшую ступень развития разума. Если они привлекут к себе и своему континенту внимание людей — разве люди тут же не заполнят его, полностью вытеснив шимпанзе?

Можно успокоить себя тем, что 500 световых лет — это достаточно большое расстояние для существ, находящихся на любом уровне развития. Никакой сколь угодно мощный разум не позволит им добраться до нас менее чем за 500

лет по земному времени. Такое расстояние само по себе является хорошим барьером от агрессии.

Да и вряд ли стоит полагать, что инопланетный разум не сможет придумать ничего лучше уничтожения нашей цивилизации. Даже мы сами — существа, способные породить кошмар нацизма, достигли такого уровня развития, когда многие из нас испытывают искреннее сожаление по поводу исчезновения даже неразумных видов живых существ и готовы ехать за тридевять земель, чтобы выразить свой протест по поводу действий, угрожающих существованию шимпанзе в дикой природе. Стоит ли считать жителей сверхцивилизации менее благородными существами, чем мы сами? Нет! Лично я уверен, что контакт разумов через толщу пространства может принести только благие плоды.

Глава 23
АНАТОМИЯ МАРСИАНИНА

Марсианские условия настолько отличаются от земных — и, с нашей субъективной точки зрения, в худшую сторону, — что ученые уверены в отсутствии на этой планете разумной жизни. Если жизнь на Марсе вообще существует (вероятность

чего тоже крайне мала, но не отсутствует совсем), то она может представлять собой лишь аналог простейших земных растительных форм жизни (см. главу 20).

И все же закроем глаза на тот факт, что шансы наличия на Марсё сложных форм жизни стремятся к нулю, и напряжем воображение. Представим, что нам четко сказано: «На Марсе существуют разумные живые существа, по форме напоминающие человека». Что мы можем сказать о таких существах, основываясь на наших знаниях о Марсе — не забывая при этом, разумеется, что все наши фантазии на эту тему не следует принимать всерьез?

Во-первых, Марс — маленькая планета, гравитация которой составляет лишь две пятых от земной. Если в организме марсианина есть кости, то они должны быть гораздо тоньше наших, и при этом на них будет держаться тот же объем плоти (неизбежное механическое следствие снижения веса). Следовательно, если даже само туловище марсианина и будет похоже на наше, то соответствующие ему руки и ноги покажутся нам карикатурно тонкими.

В слабом гравитационном поле и предметы падают медленнее, так что марсиане могут поз-

волить себе иметь более медленные рефлексы. Стало быть, и в целом они покажутся нам медлительными и сонными. При этом менее активная борьба с силой тяжести может сделать их долгожителями по сравнению с нами. Кроме того, низкая гравитация позволит марсианам быть выше нас ростом. Позвоночник марсианина может позволить себе быть не таким жестким, как наш, и иметь два-три сустава по типу локтевых, чтобы было удобнее нагибаться с высоты предположительно 2,5-метрового роста.

Согласно данным, полученным с приземлившегося на Марс аппарата Mariner 4, марсианская поверхность испещрена кратерами, но вносимая ими иррегулярность вряд ли будет заметна аборигену. Большая часть поверхности планеты вокруг кратеров и внутри них — скорее всего, песчаная пустыня. Временами наблюдаются закрывающие поверхность желтые облака, и в 1920-х годах астроном Е.М. Антониади заявил, что это песчаные бури. Чтобы перемещаться по сыпучим пескам, ступни марсиан должны быть, подобно копытам земных верблюдов, плоскими и широкими. Только наличие такого типа ног да слабая сила тяжести позволят марсианам не утонуть в песках.

Можно предположить также, что ступни жителей Марса должны иметь треугольную форму за счет трех пальцев, расходящихся под углом 120°, с перепонкой между ними. (Ни одного земного существа с такими ступнями не существует, но ничего невозможного в этом нет. Вымершие крылатые рептилии, например птеродактиль, обладали крыльями, основу которых составляла перепонка, вообще крепящаяся на одной линии костей.) Руки марсианина тоже, скорее всего, должны иметь по три пальца, расходящиеся под равными углами. Если в каждом пальце будет по нескольку тонких костей, пальцы марсианского жителя будут напоминать короткие щупальца. На конце каждого пальца может иметься утолщение (как у земной ящерицы геккона), богатое нервными окончаниями, что сделает такой палец великолепным органом осязания.

День и ночь на Марсе длятся примерно столько же, сколько и на Земле, но на Марсе, в отличие от Земли, нет ни океанов, ни толстого слоя атмосферы, которые сохраняли бы накопленное за день тепло. Поэтому температура поверхности Марса колеблется от 32 °C на экваторе в полдень до полутора сотен градусов ниже нуля к концу морозной ночи. Поэтому марсианину нужен

теплоизоляционный слой. Необходимую теплоизоляцию может обеспечить, например, двойной слой кожи. Верхняя кожа была бы жесткой и водонепроницаемой, как у земных рептилий, а нижняя — мягкой, податливой и насыщенной кровеносными сосудами, как у земного человека. Между двумя слоями кожи была бы воздушная прослойка, которую марсианин мог бы то раздувать, то сдувать.

На ночь марсианин раздувал бы воздушную прослойку и становился бы шарообразным. Воздух выполнял бы изолирующую функцию, сохраняя в организме тепло. А днем, в жару, прослойка бы сдувалась, чтобы облегчить организму теплоотдачу. Верхний слой кожи при этом собирался бы в аккуратные вертикальные складки.

Согласно данным, полученным с Mariner 4, марсианская атмосфера чрезвычайно разрежена — возможно, в тысячу раз тоньше нашей — и состоит почти из одного только углекислого газа. Поэтому марсианин, скорее всего, не будет дышать и не будет, соответственно, иметь носа; зато у него будет мощная мышечная щель — скорее всего, расположенная в шее, — через которую он будет накачивать и сдувать воздушную прослойку кожи.

Необходимый для строительства тканей кислород марсианин может получать с пищей. Для получения кислорода таким образом требуется энергия, и получать ее для этой цели, как и для других, марсианин может напрямую от Солнца. Можно представить себе марсиан наделенными парусообразным придатком, расположенным, возможно, на спине. Большую часть времени он будет в сложенном виде неприметно болтаться на теле.

Однако днем марсиане будут проводить по нескольку часов на солнце (облачность — редкое явление в сухой и разреженной марсианской атмосфере) с полностью раскрытым парусом, похожим на два тонких перепончатых крыла по метру с лишним длиной в каждую сторону. Разветвленная сеть кровеносных сосудов марсианина будет впитывать сквозь тонкую прозрачную кожу ультрафиолетовые солнечные лучи, и полученная таким образом энергия всю ночь будет расходоваться на обеспечение необходимых для жизнедеятельности химических реакций.

От Марса Солнце находится дальше, чем от Земли, но марсианская атмосфера слишком мала для того, чтобы поглощать ультрафиолетовые лучи, так что до марсианина дойдет больше солнечно-

го ультрафиолета, чем доходит до нас. Поскольку ультрафиолет опасен для глаз, то основные глаза марсианина должны быть приспособленными к такому положению дел, то есть — представлять из себя маленькие узкие щелочки. Скорее всего, у него, как и у человека, будет два глаза, расположенные впереди, поскольку без двух глаз не удастся получить объемного зрения, необходимого, чтобы определять расстояние до предметов.

Очень вероятно, что марсиане приспособятся к подземному существованию, поскольку под землей условия на Марсе могут быть более благоприятными. В таком случае следует ожидать наличия у марсиан еще двух глаз, больших и расположенных по бокам головы — для зрения при слабом освещении. Назначение этих глаз — лишь чувствовать наличие света, а не определять расстояние, так что они могут находиться на противоположных сторонах головы друг напротив друга, как у древних дельфинов (тоже, кстати, разумных созданий). Объемным зрением в темноте можно и пренебречь. Эти глаза могут быть чувствительны также и к инфракрасному излучению, и марсиане смогут видеть друг друга по излучаемому их телами теплу. Благодаря огромному размеру этих светочувствительных

глаз голова марсианина в ширину может оказаться больше, чем в длину. Днем конечно же эти глаза будут надежно закрыты плотными кожаными веками и казаться большими круглыми шишками на голове.

Разреженная атмосфера плохо проводит звук, и если марсиане хотят пользоваться таким чувством, как слух, то для этого им придется иметь большие рупорообразные уши, как у кролика, но, в отличие от кроличьих, способные к самостоятельному движению, чтобы раскрываться или сворачиваться, когда надо (например, во время песчаной бури).

Не прикрытые внешним слоем кожи и воздушной прослойкой части тела — руки, ноги, уши и некоторые участки лица марсианина — могут с целью необходимой в холодные ночи теплозащиты порасти перьями.

Пища на Марсе может состоять в основном только из простых растительных форм жизни — твердых, жестких и, возможно, имеющих в своем составе кремний, то есть в буквальном смысле слова хрустящих песком на зубах. Зубы лошадей на Земле хорошо приспособлены для перемалывания грубой травяной массы, но зубы марсиан должны быть развитыми в этом направлении

еще дальше. Рот марсианина должен представлять собой, таким образом, ряд кремниевых пластин, скрывающихся за округлым отверстием, которое было бы способно расширяться и сокращаться подобно диафрагме фотокамеры. Такой рот работал бы наподобие шаровой дробилки, перемалывая самые прочные растения.

Для жизни очень нужна вода. Весь водный запас Марса не превышает, по подсчетам астронома Роберта Ричардсона, объема воды, содержащегося в озере Эри, так что марсианину пришлось бы усиленно экономить воду, не растрачивая ее, скажем, на дыхание или выброс отходов. Организм марсианина должен выводить отходы в совершенно сухом виде, похожими на кирпичи по консистенции, а может быть — и по химическому составу.

Поскольку кровь марсианина не будет использоваться для транспортировки кислорода, то она не нуждается в веществах, поглощающих кислород. Цвет крови земных жителей обусловлен непременным наличием в ней именно этих веществ. Кровь марсиан же будет, видимо, бесцветной. Да и кожа марсианина, приспособленная к поглощению ультрафиолетовых лучей как главного источника энергии, не будет

содержать пигментов, ведь они не пропускают ультрафиолет. Так что марсиане будут кремово-белого цвета.

Широкий светопоглощающий парус, специально приспособленный для поглощения именно ультрафиолетового излучения, длинные волны видимой части солнечного спектра может и отражать, как бесполезные. Цвет отражаемого света в таком случае будет желтоватым. Так что в момент активного поглощения и накопления солнечной энергии наш марсианин будет представлять из себя ярко-белое существо с золотыми крыльями и небольшим количеством перьев.

Итак, довольно фантазий — и так уже понятно, что, пытаясь просчитать внешний вид марсианина, мы недалеко ушли от представлений людей об ангелах.

Глава 24
О ЛЕТАЮЩИХ ТАРЕЛКАХ

Я частенько позволяю себе порассуждать о возможности существования инопланетной жизни (см. главы 20-23 включительно) и известен как автор научно-фантастических произведений. Из-за этого меня очень часто спрашивают, «верю

ли» я в летающие тарелки. При этом задающие этот вопрос всегда ждут от меня ответа, что да, конечно, верю, а как же. Причем под «верой» подразумевается уверенность в том, что летающие тарелки — это космические корабли с разумными инопланетянами внутри.

Поэтому я хотел бы прояснить свою позицию на этот счет. Я не хочу, чтобы написанное мною использовалось для обоснования точки зрения, которую я сам считаю глупостью.

Я не верю в летающие тарелки в том смысле, что это, дескать, инопланетные космические корабли, управляемые внеземными существами. Как я уже объяснял в предыдущих главах, практически невероятно, чтобы разумная жизнь существовала в пределах Солнечной системы, и ближайшее место, где могут жить существа, способные управлять космическими кораблями, находится, скорее всего, за множество световых лет отсюда.

Утверждать, что разумная жизнь несомненно существует где-то в глубинах космоса (во что я твердо верю), — это далеко не то же самое, что утверждать, что толпы представителей этой разумной жизни носятся по нашей планете в космических кораблях, замаскированных под

летающие тарелки, постоянно попадаясь всем на глаза, но при этом ни разу не вступив в бесспорный контакт.

Для межзвездного путешествия требуется очень много энергии, и я не могу поверить в то, что какие бы то ни было существа стали тратить ее на перемещение своих кораблей через космическое пространство только ради того, чтобы потом десятилетиями водить за нос людей. Если бы они хотели вступить в контакт, они бы сделали это; если бы не хотели — они бы не стали тратить энергию на перелет.

Несомненно, в основе многих свидетельств лежат честные рассказы очевидцев необычных, но совершенно естественных явлений — пусть и не космических кораблей (в чем я полностью уверен), но тем не менее также заслуживающих изучения. Также несомненно, что ученые реагировали бы на такие свидетельства с большим энтузиазмом, если бы не имели печального опыта, говорящего о том, что все предыдущие сигналы о летающих тарелках были результатом либо мистификаций, либо честных заблуждений. Это вина не ученых.

Следовательно, никого ни в чем не обвиняя, я, тем не менее, продолжаю настаивать на том, что,

пока мне не покажут настоящий космический корабль с настоящим внеземным экипажем, пока я не увижу воочию металл и плоть (огоньки в небе — не в счет, как бы таинственно они ни выглядели), я буду и впредь утверждать, что любое вновь поступающее свидетельство о летающих тарелках — либо мистификация, либо ошибка, либо что-то, вполне объяснимое и без упоминания о космических кораблях с далеких звезд.

Раздел II
О БУДУЩЕЙ ЖИЗНИ
Глава 25
МИР В 1990 ГОДУ

Предсказание будущего — неблагодарное занятие, часто вызывающее сначала насмешки, а под конец — презрение. И все же от меня, как от человека, который на протяжении уже четверти века пишет фантастику, в какой-то степени ждут подобных предсказаний, и трусостью с моей стороны было бы даже не попробовать оправдать таких ожиданий.

Однако, чтобы обезопасить себя, я постараюсь как можно меньше гадать и ограничиться только теми фактами, которые наверняка будут иметь место в будущем — а там уже попробовать проанализировать их последствия. Возьмем, к примеру, численность населения нашей планеты.

Сейчас на Земле проживает более трех миллиардов человек. Если взять три лидирующих страны, то расклад по населению такой: 700 000 000 человек в Китае, 250 000 000 — в СССР и 200

000 000 — в США.

Какова же будет ситуация поколение спустя, в 1990 году, если, конечно, не случится термоядерной войны? Практически наверняка население возрастет самое меньшее на 60 процентов…Таким образом, население Соединенных Штатов достигнет цифры в 320 000 000 человек.

Ладно, перейдем к более конкретным вещам. Как повлияет такой демографический всплеск на повседневную жизнь американцев? Очевидно, что в таких условиях большинству станет ясна необходимость сбережения ресурсов планеты — не из идеалистических соображений, а из чувства самосохранения.

К примеру, воздух, конечно — ресурс неистощимый, но для того, чтобы оставаться пригодным для использования, он должен быть чистым. Проблема загрязнения воздуха стоит очень остро, и к 1990 году выброс в атмосферу неочищенного дыма должен стать делом таким же немыслимым, как сейчас — сброс неочищенных сточных вод в городское водохранилище.

Возможно, что в быту это отразится в запрете на курение на открытом воздухе. Не исключено, что будут получены данные, доказывающие, что загрязнение воздуха (в том числе — табачным

дымом из легких сотен миллионов курильщиков) является одной из причин заболевания раком легких и кожи даже среди некурящих. Поэтому курение будет разрешено только в курилках, где курильщики смогут всласть вызывать друг у друга и у себя самих рак легких, не затрагивая при этом всех остальных.

К 1990 году все больше квартир будет оснащаться устройствами для очистки воздуха. Словосочетание «свежий воздух» в значении «воздух на улице» устареет, и вместо него будет употребляться словосочетание «сырой воздух», то есть — плохо пригодный для дыхания без дополнительной обработки, особенно в городах.

То же самое касается и воды. Вода неисчерпаема, но вот пресная вода — дело другое. Пресной воды уже не всем хватает. Впрочем, четверть века спустя наверняка уже появятся технологии опреснения морской воды, так что и пресная вода станет неисчерпаемым ресурсом. Но это — в принципе, а с экономической точки зрения опресненная вода наверняка еще будет в 1990 году слишком дорогой для использования в каких-либо иных целях, кроме питья и приготовления пищи, так что борьба против загрязнения воды будет продолжаться.

Нехватка источников энергии к 1990 году еще не будет представлять из себя серьезной проблемы. Если повезет, такой проблемы вообще никогда не встанет. Нефть и уголь еще не успеют кончиться, а уже повсюду появятся атомные электростанции. Важная проблема утилизации ядерных отходов, скорее всего, будет решена. Я думаю — за счет запаивания их в стеклянные блоки с последующим захоронением в соляных шахтах или в океанских глубинах. Мне кажется, к этому времени на планете уже появится пара экспериментальных водородных электростанций, а в планах будут уже электростанции солнечные.

Вот по поводу полезных ископаемых я не был бы столь оптимистичен. Потребности человечества в минералах возрастут, а некоторые из них уже сейчас на исходе. Впрочем, и здесь еще имеются огромные, до сих пор не тронутые резервы — речь идет о нижних слоях континентальных шельфов, в которых заключено множество металлических руд. К 1990 году этот ресурс наверняка уже будет эксплуатироваться путем ведения разработок морского дна.

Вот что средний житель нашей планеты прочувствует лучше всего — так это грядущее уплотнение жизненного пространства. Проблема

размещения в городах все большего количества людей не имеет легкого решения, но мне кажется, что к 1990 году уже будут ясны подступающие тенденции. Города начнут расти не вверх, как на протяжении двух последних поколений, а вниз. Люди, привыкшие жить на открытом пространстве, вряд ли этому обрадуются, но деваться будет некуда, и со временем в таком образе жизни обнаружатся и преимущества.

Многие уже сейчас живут и работают, как пчелы в ячейках улья, в условиях искусственного освещения и кондиционированного воздуха. Если их переселить под землю, они могут и не заметить разницы. Кроме того, колебания температуры под землей почти незаметны, и там будет менее остро стоять проблема обогрева помещений зимой и охлаждения их летом. Транспортную систему подземного города не смогут парализовать ни дождь, ни снег. Возрастет и уровень производства, ведь в условиях неразличимости дня и ночи куда легче организовать круглосуточный производственный цикл.

Тогда городу не обязательно будет занимать всю поверхность земли. Часть территории над большим городом может быть использована под парк для отдыха и восстановления, а часть — под

сельскохозяйственные нужды. Однако в 1990 году все описанное еще будет достоянием далекого будущего. К тому времени лишь начнется рост популярности подземных домов и заводов.

В условиях роста плотности населения территории, кажущиеся сейчас неблагоприятными для жизни, обретут большую ценность, особенно в глазах людей, не желающих жить среди толпы. Те, кто сможет себе это позволить, удалятся в горы. Технические достижения 1990 года позволят им не терять связи с цивилизацией и при этом избежать существования в условиях перенаселенности.

Джунгли к тому времени превратятся в безопасное место, поскольку все крупные хищники или вымрут, или будут на пути к вымиранию, а против гораздо более опасных насекомых, червей и микроорганизмов человечество придумает достаточно средств. Повсеместное использование атомной энергии сделает пригодными для жизни арктические побережья и поможет колонизировать даже ледяные пустыни Антарктиды.

Самым поразительным будет, скорее всего, начало перемещения в направлении континентальных шельфов. Многие из преимуществ подземной жизни в еще большей степени от-

носятся к жизни подводной — к этому можно добавить, что любителей водного спорта, живущих под водой, лучший отдых ждет прямо за дверью. Еще одна маленькая радость подводного обитания в том, что морские жители, как когда-то американские первопоселенцы, будут иметь возможность выйти во двор и поймать кого-нибудь на обед. Наверное, в 1990 году под водой уже будет строиться один крупный отель — думаю, это будет в Майами.

Рост плотности населения еще не начнет сгонять человека с планеты. На Луне к этому времени уже будет существовать населяемая вахтовым методом действующая колония хорошо обученных профессионалов, а на повестке дня будет стоять вопрос о высадке человека на Марс. Однако среднестатистический землянин будет так же далек от космических путешествий, как и сейчас. Хотя, конечно, техническая база для наступления космического века окажется на куда более высоком уровне (см. главу 30).

Так что крупнейшими человеческими поселениями 1990 года, несмотря на начало колонизации подземного, подводного и даже лунного пространства, останутся все те же крупные города, что и сейчас. К тому моменту они станут

гораздо крупнее. К примеру, северо-восточное побережье Соединенных Штатов будет представлять собой единый крупный город с населением около 40 000 000 человек.

Для того чтобы условия жизни миллионов горожан оставались приемлемыми, транспортная и коммуникационная системы должны подвергнуться значительным улучшениями. Появится еще больше гаражей, уходящих и ввысь, и вглубь. Эффективность использования гаражного пространства возрастет благодаря массовому переходу горожан на двухместные автомобили (мне кажется, подтолкнуть людей к такому переходу на автомобили как можно меньшего размера должна соответствующая налоговая политика).

Личные автомобили будут по максимуму отделены от коммерческих. Двухъярусные улицы станут привычной частью пейзажа перегруженных городских центров: по верхнему, поднятому над землей, уровню будут двигаться маленькие машины, а по нижнему — грузовики и автобусы.

Некоторую популярность получит доставка малогабаритных грузов вертолетами. Новые здания в 1990 году будут оснащать небольшими вертолетными площадками — скорее для видимости престижа, чем для непосредственного

использования. Может быть, также возрастет использование пневматической почты. Вообще, почтовая служба будет активно автоматизироваться. Я думаю, что как минимум в крупные офисные здания почта будет поставляться именно по трубам посредством сжатого воздуха, а там уже будет рассортировываться по адресатам с минимальным человеческим участием.

Метро тоже будет ускоренными темпами автоматизироваться, и к 1990 году будет наблюдаться тенденция к переходу на непрерывное сообщение, при котором по каждой линии будет курсировать один поезд длиной в саму линию. Линии по-прежнему будут оставаться раздельными, хотя на уровне технических разработок уже будут существовать проекты единой общегородской линии с крайне оригинальными вариантами решения проблем посадки и высадки из поезда, находящегося в безостановочном движении, и беспересадочного перемещения по различным веткам.

Железнодорожное сообщение между городами будет приходить в упадок, компенсируясь появлением небывалых доселе автобусов и грузовиков. На дорогах будет с каждым годом появляться все больше автопоездов, и при реконструкции ав-

тострад придется учитывать потребности таких авточудовищ. Для них будут строиться отдельные полосы, отдельные заезды и съезды.

Что же касается индивидуального транспорта, то его количество на междугородных автострадах будет снижаться. Взамен возрастет использование личных вертолетов и транспорта на воздушной подушке. Для последнего хорошие дороги не нужны — он с такой же легкостью будет двигаться над обычными грунтовками или даже вообще без дорог — над более-менее ровными полями и водными просторами.

Широкое распространение транспорта на воздушной подушке несомненно приведет к коренным изменениям правил дорожного движения. Одной из главных причин общественного возмущения в 1990 году будут многочисленные нарушения неприкосновенности частной собственности со стороны водителей подобного транспорта (в основном молодежи). Следует ожидать от землевладельцев воздвижения искусственных препятствий против таких вторжений, и, если какой-нибудь подросток разобьется о такое препятствие, нас ожидают небывалые судебные разбирательства.

Возможно, самое серьезное влияние рост

численности населения окажет на продовольственный вопрос. Конечно, голода в Соединенных Штатах, в отличие от большинства других стран, не ожидается, но все равно и нам придется стать менее привередливыми и более экономными в еде. Возникнут тенденции к менее разборчивому питанию и к отказу от мяса в пользу рыбы и круп.

Список общеупотребительной пищи будет пополняться за счет новых продуктов, отнесенных к классу съедобных, пусть и на экспериментальной основе (поскольку многие готовы отказаться от предрассудков в еде лишь под угрозой голодной смерти, а некоторым и этого недостаточно). К примеру, в столовых станут подавать водоросли, а помимо водорослей ученые будут вовсю экспериментировать с дрожжами. Осмелюсь предположить, что водоросли и дрожжи с искусственным вкусом мяса, печени или сыра заполонят полки супермаркетов. (Думаю, что в 1990 году качество этих искусственных вкусовых добавок еще оставит ожидать лучшего.)

Кроме увеличения численности населения нас столь же несомненно ожидает повсеместный рост механизации и автоматизации. В первую очередь это касается конечно же техноцентриче-

ских Соединенных Штатов.

Это коренным образом изменит всю деятельность домохозяек — от закупок до применения купленного. В супермаркете 1990 года на каждом продукте будет стоять его код. Покупательница будет отмечать коды нужных ей товаров, а на выходе ее будет ждать весь заказ, уже упакованный и с посчитанной суммой покупки.

Большая часть продуктов питания будет продаваться в виде полуфабрикатов, рассчитанных на доведение до кондиции с минимальным человеческим участием. Кухня по степени автоматизации станет похожей на кабину бомбардировщика. Скорее всего, в 1990 году будут существовать жилые дома, предоставляющие своим жильцам кухню общего пользования, вроде сегодняшних прачечных общего пользования, и тогда необходимость каждому индивидуально обзаводиться таким сложным техническим приспособлением, как кухня, отпадет. (Хотя, конечно, кухоньки для разогрева завтраков по-прежнему останутся в каждой квартире.) Так тенденция к ресторанному питанию разовьется еще дальше и вторгнется даже непосредственно в дома.

«Проблема прислуги» в Соединенных Штатах по-прежнему останется неразрешенной, и

положение не облегчится даже с появлением домашних роботов. Наметится лишь тенденция к ее разрешению путем сокращения объема домашней работы, требующей ручного труда. Повсеместное распространение воздушных фильтров снимет проблему домашней пыли. А стирка с помощью ультразвука помимо порошка (а то и вместо него) сделает сам процесс гораздо более легким.

Автоматизация приведет к изменению характера работ и вне дома. Чисто мышечный и рутинный умственный труд вымрет. Останутся профессии, связанные с творчеством, с исполнительно-административной деятельностью и с общением. А главное — во много раз вырастет количество людей, работающих в той или иной степени с компьютерами и их производными.

Благодаря этому сдвигу и в образовании упор будет сделан на изучение математики и точных наук. Такие предметы, как арифметика двоичной системы счисления или языки программирования, будут преподавать начиная с младших классов. Персонализированное обучение и плотный личностный контакт преподавателя с учеником сохранится при обучении только двух категорий детей — чрезвычайно одаренных и

умственно отсталых.

Одну из самых больших проблем, связанных с автоматизацией, будет представлять из себя появление у людей излишков времени. Подавляющее большинство будет работать самое большее 30 часов в неделю, а значит, будет больше сегодняшнего подвержено опаснейшей болезни — скуке. В обществе возрастет роль сферы отдыха и развлечений; в истории человечества еще никогда не было периода, когда столько внимания уделялось бы профессии массовика-затейника.

Телевизор займет центральное место в доме — еще больше, чем сейчас. Телефон тоже превратится больше в средство развлечения. В 1990 году телефоны будут повсеместно укомплектовываться телеэкраном, позволяющим не только слышать, но и видеть собеседника. Домохозяйки будут получать еще больше удовольствия от общения, зная, что их видят на другом конце провода, — это обеспечит видеотелефону хороший спрос.

Наличие видеотелефона произведет революцию в работе библиотек. К 1990 году большинство книг в крупных библиотеках будет переснято на микропленку, а во всех школах и многих домах будет иметься аппаратура для просмотра

микропленки. Это даст возможность сверяться с первоисточниками и вообще получать информацию, не покидая стен дома или офиса.

Бизнесмены будут просматривать по видеотелефону документы и принимать доклады. Можно будет даже устраивать видеоконференции с разделением экрана на несколько частей и сэкономить таким образом много денег на командировках (за исключением, конечно, тех случаев, когда вся командировка совершается скорее с экскурсионно-познавательными целями).

В мире 1990 года важное значение получит и спорт, как хорошее и безвредное средство для того, чтобы убить время. Думаю, к тому времени модным спортом станут полеты с помощью маленьких моторчиков, надеваемых на спину. К 1990 году это будет уже достаточно дешево, чтобы стать массовым увлечением. Кто знает, может быть, кто-то из сегодняшних детей станет основателем какого-нибудь «воздушного поло» с надутым гелием мячом из тугого пластика?

Перемены, которые произойдут с наших дней до 1990 года, убедят людей в том, что важные вещи нельзя пускать на самотек. Уже сегодня многие убеждены, что для спасения цивилизации необходим эффективный контроль рождаемости.

Сейчас эти люди находятся в меньшинстве — но каков будет расклад в 1990 году?

К этому времени правительствами уже почти всего мира будут приниматься те или иные меры для контроля рождаемости. Предотвратить увеличение населения планеты на 60 процентов к 1990 году эти меры уже не успеют, но лица моложе 21 года будут составлять тогда уже гораздо меньший процент, чем сейчас.

В связи с этим произойдет и переоценка общественного отношения к детям и семье, пусть и не везде одинаковым образом. В одних регионах и среди одних социальных слоев уменьшение количества детей приведет к увеличению ценности каждого из этих немногих, и общество станет более детоцентрированным. В других регионах и среди других социальных слоев общественное признание опасности демографического взрыва может сделать заведение детей непопулярным и социально неприемлемым явлением. Тогда семейные связи распадутся, и институт брака потеряет какой бы то ни было смысл, за исключением разве что формализации «единения душ».

И если в 1990 году рост населения планеты остановится или даже сменится падением, то автор подобного моему прогноза на 2090 год будет

иметь все основания для оптимизма.

Глава 26
ВСЕМИРНАЯ ЯРМАРКА 2014 ГОДА

Всемирная ярмарка 1964-1965 годов в Нью-Йорке проходила под девизом «Мир через взаимопонимание». Она рисует завтрашний мир без каких-либо оглядок на вероятность термоядерной войны. Почему бы и нет? Если термоядерная война разразится, о будущем вообще можно забыть. Так что пусть крылатые ракеты покоятся в своих пусковых шахтах, и давайте посмотрим, чего нам ждать от будущего без войны.

Ярмарка рисует нам будущее поистине волшебным. Направление развития человечества обнадеживает, и лучше всего это видно в павильоне General Electric. Здесь посетители снуют от одной из четырех представленных сцен к другой и на всех четырех наблюдают веселых живых роботов, включая звезду представления — собаку.

На этих сценах изображаются 1900, 1920, 1940 и 1960 годы — присущие этим годам электрические приборы и те перемены, которые эти приборы принесли в жизнь людей. А что было бы изображено на этих сценах, если бы их было больше

— для 1980, 2000 годов и далее? Я, конечно, не знаю, но как хотелось бы знать!

Если принять во внимание некоторые тенденции, описанные в главе 25, и ряд других, не попавших в главу, то можно попробовать представить себе Всемирную ярмарку 2014-2015.

Легко предположить, что люди будут все сильнее отдаляться от природы, заменяя ее искусственной окружающей средой, более соответствующей потребностям человека. К 2014 году повсеместное распространение получат люминесцентные панели. Потолки и стены будут источать рассеянный свет, а расцветка их будет меняться одним нажатием кнопки.

Окна в таких условиях станут архаизмом и даже в случае сохранения их в помещении будут поляризованными для отражения яркого солнечного света. Возможно, степень прозрачности стекол будет регулироваться автоматически в зависимости от силы падающего на них света.

Конечно, на тот момент это будет еще роскошь, и в домах простых смертных такая мода появится не скоро. Однако речь ведь идет о Ярмарке-2014, а значит — вся она будет представлять собой одну сплошную симфонию люминесцентности, без единого настоящего окна.

На Ярмарке-1964 был представлен подземный дом, который произвел на меня впечатление жилища будущего. Его окна хоть и не были поляризованы, тем не менее позволяли видоизменять пейзаж за окном путем изменения освещения. В подземной жизни есть ряд преимуществ (см. главу 25), и на Ярмарке-2014 на Футураме от General Motors вполне могут быть представлены имитации подземных городов с искусственно освещаемыми огородами.

Технические достижения будут и дальше избавлять человечество от однообразного труда, и в последней трети XX века появятся роботы для домашней работы. К 2014 году этих роботов будет еще мало, и уровень их оставит желать лучшего, но важно, что они уже будут.

В павильоне IBM на Ярмарке-2014 будет представлен в качестве одного из основных экспонатов робот-домработница — большой, неуклюжий, медлительный, но умеющий собирать вещи, раскладывать их по порядку, чистить и производить еще ряд операций. Несомненно, посетители будут развлекаться, рассыпая мусор по полу и наблюдая за тем, как робот будет неуклюже все собирать и сортировать на «выбросить» и «отложить». Появятся, скорее всего, и роботы для

садовых работ.

General Electric на Ярмарке-2014 покажет трехмерное кино про своего «робота будущего» — аккуратного, шустрого, со всем необходимым встроенным оборудованием, энергично выполняющего любую задачу. Чтобы посмотреть этот фильм, надо будет отстоять трехчасовую очередь (к сожалению, есть вещи, которые с годами не меняются к лучшему).

К началу XXI века потребности человечества в энергии по большей части будут удовлетворяться за счет атомной энергетики даже в малом. В электроприборах 2014 года не будет шнуров, они будут работать на долгоживущих аккумуляторных батареях, работающих на радиоизотопах. Изотопы будут стоить дешево, являясь лишь побочным продуктом атомных электростанций, которые будут вырабатывать к 2014 году более половины всей электроэнергии в мире.

В 2014 году уже будет существовать одна или две экспериментальные электростанции, работающие на энергии слияния водорода, и Ярмарка-2014 не сможет обойти своим вниманием этот факт. Даже на Ярмарке-1964 был продемонстрирован небольшой, но настоящий взрыв слияния водорода; а на Ярмарке-2014 бу-

дут представлены действующие модели такого рода электростанций, и они будут вырабатывать достаточно энергии для работы дисплеев с надписью «эта электроэнергия выработана за счет слияния водорода».

К 2014 году в ряде пустынных и полупустынных районов Земли — в Аризоне, в пустыне Негев, в Казахстане, где всегда много солнца, — будут построены огромные солнечные электростанции. В туманных и дымных городских областях создание солнечных электростанций себя не окупит, поэтому очень перспективной выглядит идея выноса устройств по сбору солнечной энергии в космос. На Ярмарке-2014 будут представлены модели космических электростанций, собирающих солнечный свет с помощью огромных параболических фокусирующих устройств и передающих собранную энергию на Землю в виде пучка направленного излучения.

Пятьдесят лет спустя мир станет еще теснее. На Ярмарке-2014 General Motors представит, помимо прочего, «заводы дорожного строительства» в тропиках, куда посетители выставки смогут попасть на помосте, скользящем над водой на четырех стойках с минимумом трения. Как мы видим, средства транспорта развиваются очень

быстро, и их развитие продолжится.

Мне кажется, что к 2014 году большое внимание будет уделяться разработке машин с «компьютерными мозгами» — таких, которым достаточно только задать адрес назначения, чтобы дальше они везли пассажира сами, позволяя исключить таким образом из дорожного движения такое слабое звено, как медленные человеческие рефлексы. Думаю, в 2014 году одним из главных развлечений на ярмарке будет катание на управляемых компьютером машинках на воздушной подушке, которые будут безопасно маневрировать в толпе на высоте полуметра от земли.

Для поездок на короткие расстояния в центрах городов появятся движущиеся тротуары со скамейками по бокам и местом для стоящих пассажиров в середине. Тротуары на Ярмарке-2014 уж наверняка все будут именно такими.

Средства сообщения тоже не останутся прежними — с помощью синхронизированной передачи сигнала через космические спутники можно будет без проблем позвонить человеку в любом уголке земного шара. К 2014 году эта технология связи уже будет общепринятым явлением и поэтому на Ярмарке представлена не будет. Но вот общение с Луной!

К 2014 году на Луне наверняка уже будет постоянно действующая человеческая колония, и с помощью модулированных лазерных лучей (см. главу 11), которыми так легко управлять в космосе, между этой колонией и Землей будет осуществляться голосовая связь в неограниченных масштабах.

Если лунные колонисты пойдут навстречу устроителям ярмарки, то можно будет предоставить ее посетителям возможность напрямую пообщаться с человеком, находящимся на Луне.

Такое общение будет не совсем комфортным, поскольку между репликами будут возникать паузы по 2,5 секунды. Именно столько времени требуется радиоволнам и свету на путь туда-обратно. А вот подобного же рода разговор с Марсом будет подразумевать паузы уже по 3,5 минуты даже в период самого близкого расстояния между двумя планетами. Однако к 2014 году на Марсе разговаривать будет, скорее всего, еще не с кем. К тому времени его поверхности достигнут только искусственные аппараты землян, а пилотируемая экспедиция будет только разрабатываться — хотя на стенде НАС А конечно же уже будет представлен макет развитой марсианской колонии.

Что касается телевидения, то к 2014 году обычные телевизоры уже повсеместно будут вытеснены телестенами и появятся первые трехмерные телеаппараты — прозрачные кубы. Трехмерность изображения в кубах будет достигаться с помощью голографии (см. главу 11). На самом деле одним из наиболее запоминающихся экспонатов Ярмарки-2014 и будет именно вращающийся трехмерный телевизор огромного размера, позволяющий смотреть балетное представление в натуральную величину.

Продолжать эти восторженные прогнозы можно без конца, но не все столь безоблачно.

Стоя в очереди в павильон General Electric на Ярмарке-1964, я вдруг понял, что уткнулся взглядом в цифру, показывающую численность населения Соединенных Штатов (на тот момент — чуть более 191 000 000 человек), которая каждые 11 секунд увеличивалась на единицу. За то время, что я провел в павильоне GE, количество американцев увеличилось примерно на 300 человек, а жителей всего мира — на 6000.

Так что есть все основания считать, что население Земли к 2014 году составит 6 500 000 000 человек, а Соединенных Штатов — не менее 350 000 000. Сельское хозяйство сегодняшнего типа

с большим трудом сможет удовлетворять потребности всех этих людей в пище, если вообще справится, так что должны будут возникнуть и «фермы», выращивающие куда более эффективные микроорганизмы.

Эта тенденция тоже получит свое отражение на Ярмарке-2014, где будет работать «Дрожжевой бар», в котором будут подавать псевдоиндейку и фальшивые стейки. Те, кто сможет раскошелиться на эти недешевые блюда, смогут оценить их неплохой вкус, но переступить для этого психологический барьер не всем окажется легко.

К 2014 году всем станет ясно (см. главу 27), что с взрывообразным ростом численности населения надо что-то делать. Повсюду будут приниматься меры для контроля рождаемости, и все правительства мира будут работать над повышением популярности этих мер.

Одним из самых серьезных разделов Ярмарки-2014 будет серия лекций, фильмов и экспозиций документального материала Всемирного центра контроля за рождаемостью (только для взрослых; для подростков — отдельные лекции).

Именно от успеха этой программы будет зависеть, удастся ли нашим потомкам увидеть Ярмарку-2064 — да и вообще сохранить циви-

лизацию.

Глава 27
ОГРАНИЧЕНИЕ РОЖДАЕМОСТИ

В двух предыдущих главах я указывал на опасности, ожидающие человечество в том случае, если наблюдаемый ныне рост его численности сохранится на прежнем уровне. Однако многие продолжают беспечно считать, что наука всегда найдет выход из положения, что сколько бы на свете ни появлялось людей, научный прогресс всех их сумеет обеспечить пищей, кровом и развлечениями.

Так ли это?

Давайте зададимся вопросом: до какого предела может увеличиваться количество людей на Земле и сколько лет займет у нас достижение этого предела?

Будем исходить из самых оптимистичных прогнозов, полагая, что человечество будет решать все возникающие у него технические проблемы по ходу дела: что благодаря слиянию водорода и солнечным батареям человечество навсегда забудет о том, что такое нехватка энергии; что будет разработан искусственный фотосинтез, и

люди смогут производить сколько угодно пищи напрямую из воды и воздуха, как это делают сейчас растения; что человечество успешно разберется со всеми внутренними сложностями перенаселенного общества, от утилизации отходов до расовой напряженности. Предположим еще для полноты картины, что мы вытесним с лица Земли все остальные виды живых существ, чтобы все пространство без остатка принадлежало только нам.

Если допустить все вышеизложенное, то какие же еще факторы могут ограничить количество людей на Земле? Если считать, что мы не покинем родной планеты, то неизбежен как минимум один вариант — на Земле кончится одно из химических веществ, необходимых для строительства человеческого организма. Иными словами — очередного нового человека просто не из чего будет сделать.

Первый кандидат на роль элемента, запасы которого наиболее бедны и который, скорее всего, первым закончится по мере неограниченного роста численности людей, — это фосфор. Но давайте дадим человечеству фору и будем рассматривать не фосфор, а более широко представленный на планете элемент из числа необходимых состав-

ляющих организма — углерод. Что же покажут нам расчеты?

Необходимо учесть, что не весь имеющийся на Земле углерод представлен в такой форме, в какой его можно использовать для нужд живых существ. Так что будем говорить лишь о «доступном углероде».

Девяносто процентов доступного углерода содержится в морской воде в виде иона бикарбоната. Небольшое его количество присутствует также в атмосфере в виде углекислого газа, а остаток сконцентрирован в организмах живых существ. Можно еще добавить сюда недоступный в обычных обстоятельствах углерод, входящий в состав нефти и угля, поскольку при сгорании последних углерод переходит в состав углекислого газа и растворяется в атмосфере или Мировом океане.

Общее количество углерода на Земле, представленного в этих формах, — примерно 51 000 000 000 000 000 000 граммов (то есть — 51 триллион тонн).

Это действительно много, но не забудьте, что около 90 процентов всего этого углерода следует зарезервировать на пищу для людей (если только люди не перейдут на каннибализм). Человек же

должен что-то есть, и это «что-то» должно содержать в своем составе углерод, не важно, будь оно выращено в земле или в химической цистерне, будь это мясо, пшеница, дрожжи или просто питательная смесь, сотворенная химиками. Так что для поддержания существования человечества и производства несъедобных органических соединений, таких как ткани, пластмассы и тому подобное, необходимо наличие органических пищевых запасов, общей массой десятикратно превышающих массу всего человечества. Так что непосредственно для внедрения в организмы людей нам остается чуть более 5 триллионов тонн углерода.

Теперь предположим, что средний вес человека на Земле (включая детей) — 45 килограммов. На углерод приходится 18 процентов массы тела человека — то есть около 8100 граммов. Значит, для того чтобы израсходовать десять процентов имеющегося на Земле углерода, требуется наличие 630 000 000 000 000 человек.

В свете этой цифры — 630 тысяч миллиардов — наше сегодняшнее население всего из трех миллиардов человек кажется крошечным, похоже, что у нас впереди еще вечность для бурного размножения и проблема перенаселенности

коснется только наших очень далеких потомков. Так ли это?

Сейчас население Земли удваивается каждые полвека, но давайте будем более консервативны в расчетах и примем за данность, что оно удваивается каждые 80 лет. Если эти темпы сохранятся, то через примерно 1500 лет, то есть к 3500 году, мы и придем к вышеприведенному максимуму. При этом на Земле из живой материи останутся только люди, их пища и побочные органические продукты.

Если считать, что население нашей планеты равномерно распространится по суше, то в 3500 году на каждого человека будет приходиться всего по 0,2 квадратного метра (можно будет только стоять), и это с учетом Гренландии, Антарктиды, долины Амазонки и пустыни Сахара. Вот это действительно будет перенаселенность!

Думаю, никто не будет спорить с тем, что никакой научный прогресс не сделает такую жизнь сносной. Так что если рост численности населения продолжится сегодняшними темпами, то до окончательного кризиса осталось менее 1500 лет, до каких бы высот ни поднялась к тому времени наука.

Но просто уже забавы ради — давайте предпо-

ложим, что каким-то непостижимым образом ученые смогли обеспечить пристойную жизнь даже для такого количества народа. Что дальше?

Как я уже упоминал, на самом деле на Земле гораздо больше углерода, чем доступно для использования. Некоторое количество углерода связано в составе известняка и других материалов, составляющих земную кору. Этот углерод не попадает в цепь живых существ до тех пор, пока медленные геологические процессы не вытолкнут его на воздух или в воду. Но давайте будем оптимистами и предположим, что люди научатся добывать углерод прямо из земной коры.

Количество углерода, содержащегося в геологических породах, примерно в 500 раз больше, чем в воде и воздухе, так что человечество сможет вырасти еще в 500 раз по сравнению с 3500 годом.

Таким образом, население Земли составит 300 000 000 000 000 000, то есть триста миллионов миллиардов. Если этих людей снова равномерно распределить по поверхности Земли, предположив на сей раз, что и океаны уже снабжены неким искусственным покрытием для размещения на нем людей, то каждому из жителей планеты достанется всего 0,01 квадратного метра — люди будут просто плотно зажаты друг другом,

как сельди в бочке.

Сколько же времени уйдет у человечества на достижение такого рекорда? Всего семь веков после 3500 года. 4200 год — дата абсолютного конца.

А вот и нет — зачем нам ограничивать себя одной маленькой планеткой? Надвигается космическая эра. Наука делает ошеломительные успехи. Перед нами лежит безграничный космос, где наверняка хватит места любому количеству людей, так что незачем переживать из-за роста населения.

Так ли это?

В нашей Галактике 135 000 000 000 звезд, а галактик таких в известной нам Вселенной предположительно 100 000 000 000. Допустим, что у каждой известной звезды во Вселенной имеется по десять планет, каждая из которых способна поддерживать существование такого же объема живой материи, как и Земля.

Более того, допустим для простоты, что люди научатся мгновенно переноситься в любую точку пространства, не затрачивая для этого никаких усилий.

Так в каком же году человечество переполнит Вселенную до тех же пределов, что и Землю в 4200

году? В каком году земляне, как сельди в бочке, забьют поверхность каждой из пары триллионов триллионов планет?

Да грубо говоря, к 11 000 году.

Итого, если нынешние темпы роста численности населения сохранятся, то homo sapiens заполнит собой Вселенную до предела всего за каких-то девять тысяч лет.

Как видите, наука ничего не сможет поделать — нам просто не хватит места. Темпы роста численности населения обязательно надо снизить, и сделать это можно только двумя способами — или увеличить смертность, или понизить рождаемость.

Выбор за нами.

Глава 28
ПЛАТА ЗА ЖИЗНЬ

Однако неконтролируемый рост численности населения — не единственная беда, угрожающая человечеству. Стоит обратить внимание также и на постоянное увеличение срока жизни людей — можно даже сказать, на стремление человека к бессмертию. Что же ожидает нас в случае, если численность людей на планете удастся каким-то

образом стабилизировать, но при этом каждый человек будет жить вечно?

Сейчас уже существуют организации, занимающиеся глубоким замораживанием только что умерших или умирающих людей с целью вернуть их к жизни через много лет, когда продвинувшаяся к тому времени наука обретет знания о том, как излечить их болезнь. Каждый из нас, таким образом, теоретически может превратиться в воскрешенного Лазаря.

Почему бы и нет? Чего нам терять? Даже если ученые никогда не найдут способа одолеть напасть, уложившую нас в гроб, мы всего лишь останемся такими же мертвыми, какими были бы и без заморозки. А если вдруг найдут — то мы смело можем считать себя бессмертными!

Кто может быть недоволен участием в игре, где проигрывать нечего, а выиграть можно все? Как ни странно, я буду первым из недовольных. Потому что все как раз наоборот — выигрывать здесь нечего, а проиграть можно все.

Естественно, я говорю это не с точки зрение отдельного человека, хотя и для него, если задуматься, бессмертие — не так уж притягательно. Разве кто-нибудь до сих пор хоть раз смог предложить по-настоящему притягательную картину

рая?

Возможно, приятно надеть белую мантию и, осенив голову нимбом, весь день летать по золотым улицам, распевая «осанна» и «аллилуйя», обмениваясь улыбками с молоденькими девушками-ангелочками, но только представьте, что вас заставят заниматься этим вечно! Меня такое времяпровождение развлекло бы пару дней (в первую очередь — фактом полета), но потом я бы начал нервничать.

Конечно, рай совсем не обязательно должен быть пуританским. В нем можно есть сало великого кабана, пить мед и заниматься любовью со всеми валькириями подряд, как в Валгалле, или вообще с вечно девственными гуриями, как в мусульманском раю. Эти плотские радости могут развлекать человека несколько дольше, но ясно, что в конце концов по всему пиршественному залу начнут кричать «Что? Опять свинина?!», да и к валькириям с гуриями интерес пропадет.

Вечность обладает волшебным свойством превращать в скуку все самое желанное и приятное. Избежать этого невозможно. Человек устает от всего.

Разумеется, на уровне конкретных личностей такая проблема, безусловно, имеет свое реше-

ние. Полное и абсолютное бессмертие все равно недостижимо — иными словами, никого нельзя удержать на этом свете силой.

Любой желающий покинуть общество бессмертных волен это сделать. В таком обществе сознательный уход из жизни будет даже культивироваться, как кульминация всего существования. Наверняка будут созданы специальные центры, где уходящие из жизни будут празднично отмечать эту веху с друзьями и любимыми — теми из них, кто сам не покинул сей мир раньше.

В конце праздника, под звуки музыки, среди машущих рук и воздушных поцелуев перед хозяином праздника закроются двери камеры, которая тут же наполнится нервно-паралитическим газом.

Так что, конечно, под «обрести бессмертие» подразумевается не «жить вечно», а «жить столько, сколько захочется». Сколько же это будет?

Естественно, дело тут сугубо личное. Сомерсет Моэм, умерший в возрасте 91 года, умолял смерть прийти поскорее — но он был стар, болен и слеп. От членов же общества бессмертных логично ожидать здоровья и бодрости на протяжении всего срока существования. Сколько времени потребуется здоровому молодому человеку, нахо-

дящемуся в здравом уме, чтобы ему в буквальном смысле слова до смерти надоело жить?

Если ему повезет найти себе по-настоящему интересную задачу в жизни — например, управлять развитием человечества, или снимать покров с неизведанного, или обнажать красоту Вселенной — то вряд ли ему надоест быстро, и до прощального взмаха рукой может пройти очень долго.

Какой срок тут можно было бы назвать? Лет пятьсот в среднем?

В целом же получится, что многовековыми долгожителями окажутся именно перечисленные категории людей — политики, ученые, художники. И вот это как раз чрезвычайно опасно.

Самую большую ценность для человечества мозг каждого индивидуума представляет в возрасте до тридцати пяти лет. Если к этому возрасту у человека так и не обнаружилось ни гениальности, ни талантов, то, скорее всего, их не обнаружится уже никогда. Если же гениальность и была проявлена, то, скорее всего, остаток жизни этот человек проведет, развивая идеи своей молодости. Умри он в тридцать пять — и другие, менее способные люди, разовьют их не хуже.

Исааку Ньютону было 25 лет, когда он уже четко обрисовал себе основную линию своих

последующих достижений. Альберту Эйнштейну было 26, когда он разработал теорию относительности. Чарлзу Дарвину было 22 года, когда он отправился в плавание на «Бигле» и произвел, собственно, те наблюдения, на основе которых и сложилась впоследствии его теория эволюции путем естественного отбора. И таких примеров — не счесть.

Нельзя сказать, что люди более старшего возраста совсем уж ни на что не годны — Уинстон Черчилль совершил главное дело своей жизни в 65 лет, а Джозеф Конрад начал писать только в 37. Но все же практически все революционные прорывы в представлениях за всю историю человечества совершались молодыми людьми.

И это естественно. Ум человека очень быстро теряет гибкость. И дело тут не в физическом старении мозга или ограничении его способностей, так что если даже удастся поддерживать мозги наших долгожителей в физиологически молодом состоянии, проблема останется нерешенной. Единожды разработав картину мышления, мозг в дальнейшем сворачивает все мыслительные процессы на привычные пути, и избежать вечного движения «по колее» можно только с помощью приложения колоссальных усилий.

Великий физик Макс Планк как-то раз сказал, что существует только один способ добиться признания наукой принципиально новой теории: надо, во-первых, разработать саму теорию, во-вторых, доказать ее истинность и полезность, а в-третьих — дождаться, пока вымрут все ученые предыдущего поколения.

Только молодой, свободный еще разум, не истоптанный вдоль и поперек уже сформировавшимися представлениями, может увидеть по-настоящему революционное решение. А через одно-два десятилетия этот юный революционер и сам станет ортодоксом собственной веры. Как часто это происходило уже и в политике, и в науке, и в искусстве!

Нужен ли нам мир, где все ключевые должности будут заняты не торопящимися освобождать их долгожителями?

Стоит ли спасаться от смерти каждого через старение организма, от массовых смертей в ядерном огне ради того, чтобы получить медленную всеобщую смерть от тления?

Смерть — это та цена, которую мы платим за осмысленность жизни. Смерть расчищает дорогу. Смерть заставляет старых и усталых пропустить молодых и талантливых. Смерть расчищает путь

к новым достижениям.

Но как может индивидуум отказаться от личного бессмертия ради абстрактных интересов всего человечества? Наверное, может. Ведь ни у кого не вызывает удивления, когда кто-то погибает ради спасения своей семьи или своей страны. Почему тогда странно было бы погибать ради спасения человечества? Никто из нас не живет в пустоте. Жизнь каждого человека — это следствие жизней миллионов других людей, живущих ныне и живших в прошлом. Человек получает свою жизнь только благодаря существованию биологического вида, так что не стоит удивляться, что он должен этому виду свою жизнь.

Конечно, можно возразить на это, что науке следует достичь таких высот, чтобы вместо самоубийства человек устранял бы преграду для развития в своем лице путем искусственного очищения собственного мозга от всего накопленного. Тогда он мог бы снова взглянуть на Вселенную свежими глазами и все начать сначала — как гурия мусульманского рая каждый раз оказывается вновь девственницей.

Но в чем тогда разница? Стирание всей памяти о прошлой жизни — разве оно отличается от смерти? Если воспоминаний не существует, то их

обладателя вполне можно счесть мертвым.

Ну тогда давайте ограничимся полумерами — пусть человеку останутся основные личные воспоминания, достаточные для непрерывного ощущения себя единой личностью. Оставим ему и начальное образование, чтобы не собирать эти знания каждый раз с нуля. Уберем только лишнее.

К сожалению, уже начальное образование показывает путь дальнейшего познания; уже само существование сложившейся личности направляет мысль, не давая ей отклониться сильнее дозволенного. Наш «обновленный» человек никогда не достигнет ничего нового — он обречен будет каждый раз повторять себя прежнего.

Более того, даже полное стирание воспоминаний, то есть убийство психической личности при сохранении лишь телесного бессмертия, не спасет человечество. Существует принципиальная разница между старым человеком, чей мозг постоянно очищается, и совершенно новым человеком. «Обновленная» личность происходит от своего «предшественника» в том же теле, то есть — от одного человека, а новая — от своих родителей, то есть — от двух людей.

При рождении каждый ребенок получает по-

ловину генов от одного родителя и половину — от другого. В результате основное химическое вещество его организма отличается как от материнского, так и от отцовского, да и от химической основы любого другого человека на Земле (за исключением разве что случая однояйцовых близнецов). Мозг новорожденного человека — это не просто «чистый» мозг; это, в первую очередь, принципиально новый мозг.

Мы умираем в одиночку, но рождаемся от двух людей. Секс — это не только развлечение, это миллиардами лет отработанный эффективнейший способ поддерживать гибкость и приспособляемость живых существ к изменяющимся условиям внешней среды. Человечество, как биологический вид, нуждается в действительно новых особях, а не в «выстиранных и выглаженных» старых.

Однако, даже признавая, что бессмертие отдельных особей — путь к медленной смерти всего вида от скуки и загнивания, мы можем привести на это фаталистическое возражение о том, что и биологический вид — смертен, так что стоит ли приносить личное бессмертие каждого человека в жертву существованию человечества, которое все равно обречено в конце концов исчезнуть?

Ведь тысячи биологических видов уже вымерли, несмотря и на половое размножение, и на смертность своих представителей.

Дело в том, что если биологический вид вымирает за счет остановки в эволюционном развитии, вызванной достижением индивидуального бессмертия, то эта смерть абсолютна. Если же до самого конца будут продолжаться и индивидуальная смертность, и половое размножение, то вполне возможно, что homo sapiens вымрет только после того, как даст начало какому-то другому, новому виду живых существ, превосходящему нас.

Законы природы таковы, что биологический вид должен вымереть лишь после того, как оставит после себя другой, более приспособленный вид, который более эффективно продолжит вечную борьбу с тьмой и достигнет немыслимых побед в ней. Так что даже смерть биологического вида следует рассматривать не как смерть, а как неизбежную плату за единственный вид бессмертия, который имеет смысл, — бессмертие жизни и разума во Вселенной.

Глава 29
БУДУЩЕЕ И ЛУНА

Кажется, Луна всегда воспринималась людьми как нечто само собой разумеющееся. Она всегда находилась там, где мы ее видим, тихо играя вторую скрипку при славном Солнце. Смена фаз Луны, от полной до совсем невидимой, легла в основу первых календарей, поделенных на «месяцы».

Самое заметное физическое воздействие, которое Луна оказывает на Землю, — это ее способность поднимать себе навстречу океанские воды. Так рождается смена приливов и отливов, причиной которой люди веками считали что угодно, только не Луну.

Когда был изобретен телескоп, первое, что в него начали разглядывать, — разумеется, Луну. Из просто «светящегося тела» Луна превратилась в целый мир со своими горами, кратерами и обширными плоскими областями, которые люди назвали «морями».

Более тщательное изучение с помощью тех же телескопов быстро показало, что плоские обла-

сти — это не моря и что воды, по крайней мере в количестве, заслуживающем упоминания, на Луне нет. Воздуха, впрочем, тоже.

Луна, по мнению астрономов, — мир мертвый. Это мир, в котором ничего не меняется. Там нет воздуха, а значит — нет ни звука, ни перемен погоды. Там нет воды, а значит — нет жизни. Это мир, который всегда был таким, как сейчас, и всегда останется таким, как сейчас. По крайней мере, именно таким его описывали учебники по астрономии.

И теперь, перед лицом наступающего космического века, когда человек готов со дня на день шагнуть за пределы родной планеты, — куда он направится в первую очередь? Конечно же на Луну.

Есть ли в этом повод для разочарований? Стоит ли переживать по поводу того, что нам предстоит потратить миллиарды, рисковать жизнью людей, предпринимать невероятные усилия — и все только ради того, чтобы попасть в заброшенный, каменистый, пустынный, никому не нужный уголок мира?

Конечно нет. Напротив, стоит порадоваться, что судьба так ловко устроила Солнечную систему идеальным для космонавтов образом.

Представьте себе!

Если бы не было Луны, ближайшими к нам небесными телами были бы две соседние планеты, Венера и Марс. Первая никогда не приближается к нам ближ е чем на 40 000 000 километров, а второй — чем на 55 000 000 километров.

Если бы приходилось выбирать себе первую цель, исходя только из этих двух вариантов, человечество могло бы так никогда и не набраться духу для такого невообразимого подвига.

К счастью, Луна находится гораздо ближе к нам. До нее всего 381 000 километров. Это чуть меньше, чем 1/100 расстояния до Венеры или 1/140 расстояния до Марса. Путь до Луны равен менее чем десяти кругосветным путешествиям вдоль экватора Земли. Что еще более важно, Венера и Марс находятся от нас на столь близком расстоянии очень недолго, проходя определенные участки своих орбит, а расстояние до Луны неизменно всегда.

С астрономической точки зрения Луна — это наш ближайший сосед. Ее расположение идеально для использования даже самой примитивной космической техники. Именно поэтому не прошло и десяти лет с момента запуска на орбиту первого космического спутника, как Луна уже

сфотографирована со всех сторон и мягкая посадка на нее искусственных аппаратов с приборами — уже свершившийся факт.

Высадка на Луну — это именно то упражнение, которое необходимо для развития наших космических мышц, для разработки методик жизни в космосе и на других планетах. Полученный таким образом опыт поможет нам достичь далеких планет с меньшим трудом, чем если бы мы рванулись к ним сразу.

Это — важнейшая причина, по которой нам стоит добраться до Луны. Наверное, без высадки на Луну космическая эпоха так и не сможет полностью начаться.

Но, признавая ценность наличия Луны под боком, должны ли мы удивляться этому факту? В конце концов, вот же она, Луна, и что теперь?

Дело в том, что изучение других планет Солнечной системы говорит нам о том, что никакой Луны по всем правилам здесь быть не должно! Ее наличие — это счастливый случай, и не задумываться о его причинах было бы неправильно.

В Солнечной системе имеется 31 известный ученым спутник планет, и 28 из них приходится на четыре планеты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Это огромные планеты, каждая из ко-

торых крупнее Земли. Неудивительно, что их мощнейшие гравитационные поля способны удержать спутники. Самой большой из планет, Юпитеру, принадлежит двенадцать известных ученым спутников. Сатурну, второй по величине планете, — десять.

У небольших планет, вроде нашей Земли, гравитационное поле которых слабо, вполне может не оказаться ни одного спутника. У Плутона спутников нет; у Меркурия или Венеры — тоже. Случай Венеры очень интересен, потому что она не имеет спутников, хотя размером примерно такая же, как Земля. Так что если бы человек появился не на Земле, а на Венере, то космические путешествия так и оставались бы для него совершенно непрактичным занятием. А вот у Земли, как ни странно, спутник есть!

Но погодите. Я же ничего не сказал про Марс. Марс, масса которого в 10 раз меньше земной, имеет целых два спутника! Что тут можно сказать?

Можно сказать, что значение имеет не только сам факт наличия спутников. Важен еще и их размер.

К примеру, давайте рассмотрим повнимательнее двенадцать спутников Юпитера. Семь из них

— совсем крошечные, два-три десятка километров в диаметре. Похоже, что эти каменные глыбы огромный Юпитер выхватил из пояса астероидов, находящегося между ним и Марсом. Диаметр восьмого спутника — всего 160 километров. А четыре оставшихся — это уже крупные миры диаметром от 3000 до 5000 километров.

Однако общая масса всех спутников Юпитера, вместе взятых, составляет менее чем 1/500 массы самого Юпитера. Так же обстоит дело и с Марсом — оба его спутника очень малы, по паре десятков километров диаметром. Их общая масса равняется примерно 1/500 000 000 массы Марса.

В целом, как правило, если у планеты имеются спутники, то эти спутники гораздо меньше самой планеты. Следовательно, от Земли можно было бы ждать, что если у нее и будет спутник, то маленький, километров 50 диаметром самое большее.

Но вместо этого мы видим, что Земля не просто обладает спутником, но и обладает огромным спутником, диаметром 3500 километров! В нашей Солнечной системе имеется всего семь спутников такого размера. Четыре из них принадлежат гиганту Юпитеру, по одному — Сатурну и Нептуну. Огромному Урану не досталось ничего. Как могло

получиться, что седьмой удерживает крошечная Земля? Изумительно!

Масса Луны составляет 1/81 массы Земли. Больше нигде нет ни одного спутника, столь большого по сравнению с планетой, вокруг которой он обращается. На самом деле правильно будет сказать, что Земля и Луна вместе образуют «двойную планету», не имеющую аналогов в Солнечной системе.

Нам неизмеримо повезло. У Земли есть не просто хороший плацдарм для броска в далекий космос — у нее есть огромный плацдарм, гораздо более интересный и полезный, чем какая-нибудь мелочь вроде марсианских лун.

Площадь поверхности Луны — 37 810 000 квадратных километров, что примерно равняется суммарной площади Африки и Европы. Есть что разведывать!

На самом деле вся эта поверхность изучена с помощью фотокамер вдоль и поперек. На поверхность Луны запросто могут приземляться роботы, чтобы не только сфотографировать ее, но и произвести физические и химические анализы. Можно задаться вопросом — чего ж еще? Зачем предпринимать дорогостоящую и опасную высадку человека на это небесное тело?

Самая важная причина — в том, что человека от этого шага не удержать. Любопытство и стремление к познанию заставят его идти до конца, а ведь никакой из разработанных доселе инструментов не способен сравниться по сложности и тонкости с человеческим мозгом.

Неизвестно, какие сюрпризы для нас таятся на просторах этих 37 810 000 квадратных километров. Неизвестно, что обнаружится в тени какого-нибудь кратера. Только острый ум живого человека сможет достойно встретить любую неожиданность.

Фотографии, сделанные с воздуха, не могут полностью отобразить все уголки лунной поверхности. Даже после высадки на Луну потребуются десятилетия для того, чтобы составить ее подробную карту, и это будут восхитительные десятилетия для тех храбрецов, что отважатся это сделать.

Но каков практический смысл такого изучения? Стоит ли разбрасываться ради него бесценными жизнями молодых космонавтов?

Да, изучение Луны — вполне практичное занятие. Опасное, конечно, но в некоторых смыслах все же более безопасное, чем изучение определенных регионов Земли. Исследователям

лунного пространства не грозят ни враждебные племена, ни опасные животные, ни смертельные бактерии. Их будет окружать лишь неживой мир, опасности которого можно просчитать наперед.

Да, на Луне нет воды и воздуха, но их нигде в космосе нет. Воду и воздух лунным исследователям придется брать с собой, так же как и пищу и все остальное, необходимое для жизни. На лунной поверхности они будут находиться в скафандрах, где будет иметься и воздух, и обогрев, и все остальное, так чтобы среда, непосредственно окружающая космонавта, была безопасной и удобной для существования.

Гораздо большую опасность представляет собой Солнце. На Луну оно светит так же ярко, как и на Землю. Но на Луне, в отличие от Земли, нет атмосферы, которая поглощала бы опасное коротковолновое излучение. Поэтому в солнечном свете, достигающем поверхности Луны, гораздо больше ультрафиолетового и рентгеновского излучения, чем в том же самом свете, достигающем поверхности Земли. Но нашего первопроходца не оставят беззащитным перед этим излучением. Даже прозрачное стекло его шлема будет иметь состав, проницаемый лишь для слабоэнергетической части солнечного спектра. Самую большую

проблему будут представлять в данном случае космические лучи, и именно из-за них придется ограничивать время пребывания космонавта на открытой поверхности.

Важную опасность представляет собой и излучаемое Солнцем тепло. Луна местами прогревается гораздо сильнее Земли, поскольку она вращается вокруг своей оси очень медленно, совершая оборот за 29,5 земного дня. Таким образом, получается, что на каждом отдельном участке Луны будет наблюдаться день длиной в две наших недели, а затем — ночь длиной тоже в две наших недели (именно эту смену лунных дня и ночи мы наблюдаем в виде смены фаз луны, полный цикл которых — 29,5 дня).

За две недели солнечного света некоторые участки на экваторе Луны (куда солнечный свет падает в наиболее концентрированном виде) нагреваются до температуры чуть выше температуры кипения воды. Туда нашим исследователям лучше не забредать.

К счастью, избегать попадания под прямой солнечный свет на Луне несложно. Луна вращается вокруг своей оси так медленно, что Солнце всходит очень неторопливо, и вряд ли с такой скоростью рассвет может застать исследовате-

ля врасплох. Терминатор (линия, отделяющая день от ночи) движется на запад вдоль лунного экватора со скоростью 15 километров в час. Чем дальше от экватора, тем медленнее становится эта скорость. На 60° северной или южной широты на Луне скорость движения линии смены дня и ночи — менее 8 километров в час. Если у лунного исследователя будет хоть какое-нибудь механическое средство передвижения, то терминатор никогда не догонит его, и, соответственно, Солнце исследователь увидит лишь тогда, когда сам того захочет. Даже если по какой-то причине ему надо будет побыть на солнечной стороне, он всегда сможет найти укрытие в подходящей тени, которыми изобилует неровный лунный ландшафт. Поскольку воздуха на Луне нет, то тепло ничем не переносится с нагретых солнцем участков на затененные. Так что в тени на Луне всегда холодно, до каких бы температур ни прогревались соседние участки грунта.

В зоне экватора, когда Солнце в зените, тени практически исчезают, и именно тогда там хуже и опаснее всего. А вот на дальних широтах всегда имеется тень в том или ином направлении, и есть такие места в жерлах кратеров, куда Солнце не попадает вообще никогда. В таком укрытом

месте можно будет даже устроить исследовательскую базу.

Но разве полное отсутствие солнечного света — лучше? В условиях отсутствия океанов, которые удерживали бы тепло, и воздуха, который перемещал бы тепло из освещенных областей в неосвещенные, температура резко падает, как только исчезают солнечные лучи. Ближе к концу двухнедельной ночи температура опускается до -157 °C.

На самом деле это не так страшно, как кажется. Облаченный в скафандр исследователь даже посреди самого страшного холода находится в вакууме. Его не пронизывает ледяной ветер, унося тепло прочь, да и грунт под ногами не обладает большой теплопроводностью. Терять тепло исследователь может только за счет излучения, а это долгий процесс. Иными словами, наш исследователь будет представлять собой что-то вроде живого термоса, так что для обогрева в самых холодных условиях ему может хватить даже тепла собственного тела.

Если жара или холод все же будут представлять собой какую-то проблему, исследователи могут устроить себе подземную базу в нескольких метрах под лунной поверхностью (см. главу

31). Лунный грунт настолько плохо проводит тепло, что ни дневная жара, ни ночной холод не проникнут глубже самого верхнего слоя камня. Чуть глубже температура всегда будет оставаться неизменно комфортной.

Подземное расположение базы защитит, хотя бы частично, и от космических лучей, а также — от случайного попадания метеоритов. Луна, как и Земля, постоянно подвергается бомбардировке небольших космических частиц, но на Луне, в отличие от Земли, нет атмосферы, где те сгорали бы, не долетев до поверхности.

Да, конечно, в подавляющем большинстве своем метеориты так малы, что не представляют никакого вреда. Самое большее, на что они способны, — оставить царапину на стекле шлема скафандра. Однако среди них могут оказаться и достаточно большие, чтобы пробить скафандр в тех точках, где ткань его наиболее тонка.

Возможно, для защиты от метеоритов исследователям придется носить тонкие алюминиевые зонтики. Энергия летающих песчинок будет полностью уходить на прожигание зонтика, и на причинение вреда космонавту ее уже не останется. Конечно, от метеоритов размером с камень это не спасет, но вероятность попасть под такой

метеорит на Луне гораздо меньше, чем на Земле — попасть под машину, переходя улицу.

Лунный ландшафт для исследователя не представит никаких проблем. Художники-фантасты изображают Луну испещренной скалами и ущельями, отвесными обрывами и завалами камней. Это все не так. На равнинных участках Луны действительно навалено много мелких камней, как показывают фотографии с Lunar IX и Surveyor I, но склоны гор и кратеров достаточно пологи. А учитывая, что сила тяжести на Луне в шесть раз слабее земной, у исследователя не возникнет никаких проблем с перемещением по лунной поверхности даже в тяжелом и неуклюжем скафандре. Если же дать ему еще и луноход, то и говорить не о чем.

Некоторое беспокойство вызывают догадки о том, что как минимум часть лунной поверхности покрыта толстым слоем пыли. Фотографии, сделанные с близкого расстояния, ничего подобного не показывают, но вероятность не исключена. Если это так, то перемещаться по Луне можно будет только на устройствах вроде мотосаней — но все равно проблема решаема.

В общем, когда мы наконец высадим человека на Луну, снабдив его соответствующим обо-

рудованием и необходимыми запасами, само исследование Луны будет занятием менее опасным, чем, например, исследование Антарктиды.

Но зачем вообще исследовать Луну? Чего там искать? Нет никаких свидетельств того, что на Луне есть что-либо ценное. Она состоит, скорее всего, из тех же камней, что и земная кора. Все, чем Луна богата, можно в таком же изобилии найти и на Земле, а все, что на Земле встречается редко, и на Луне будет столь же редко. Да и если даже удастся обнаружить на Луне алмазные копи или залежи урана, окончательная цена их на Земле с учетом добычи и доставки окажется слишком высока, чтобы вообще браться за это дело.

Но человечество ищет не только материальной выгоды. В первую очередь человек стремится к познанию. Только высадка на Луну и подробное изучение этого небесного тела может обогатить наши знания о нем. И не надо задаваться вопросом «а зачем нам что-то знать о Луне», поскольку полученные таким образом знания могут рассказать нам и о Земле, и о нас самих.

Принято считать, что и Земля и Луна образовались миллиарды лет назад путем определенных естественных процессов. Подробности этих процессов до сих пор являются предметом ожесто-

ченных споров между астрономами. Возможно, где-то в земной коре и оставались свидетельства в пользу той или иной точки зрения, но если и так, то эти свидетельства давно уничтожены водой, ветром и живыми существами.

Вот пример подобного рода: за историю своего существования Земля наверняка подвергалась падению больших метеоритов, но на данный момент мы можем увидеть только один след подобного падения — напоминающую небольших размеров лунный кратер пологую воронку в Аризоне. Этот кратер сохранился по сей день только благодаря тому, что его возраст — всего несколько тысяч лет, а образовался он в пустынной местности, где практически отсутствует эрозия. А где же более старые кратеры? Смутные расплывчатые очертания некоторых из них еще можно угадать, но толком уже ничего не осталось.

А вот на Луне, где процессы эрозии носят гораздо более слабый характер, чем на Земле, поверхность небесного тела должна и по сей день нести на себе все следы творения в практически первозданном виде. Поверхность Луны может многое рассказать о лунном прошлом, а значит — и о прошлом Земли. Впервые в жизни мы можем составить представление о том, как создавались

планеты (и, может быть, понять, почему Луна такая большая).

Кроме того, Луна — это рай для астрономов. Здесь, на Земле, на самых населенных ее широтах, ночь длится самое большее по 18 часов. Атмосфера делает свет звезд более тусклым, а из-за колебаний температуры воздуха этот свет еще и колеблется и мерцает. Свет городов затмевает свет небесных тел, облака закрывают их от поверхности планеты, а смог и копоть практически вообще скрывают из вида. Нам в отчаянии приходится располагать телескопы в отдаленных районах на вершинах гор, но и дотуда дотягиваются создаваемые человеком помехи.

А вот на Луне ночь длится по две недели, и нет там ни воздуха, ни копоти. Звезды светят ярко и ровно, и, что еще важнее, оттуда можно четко видеть планеты. Маленький телескоп, установленный на Луне, покажет подробности поверхности Марса четче и яснее, чем самый крупный телескоп на Земле. Более точные сведения о Марсе можно получить разве что со специально направленного к этой планете аппарата, вроде Mariner 4.

Да и Солнце с Луны изучать лучше. До поверхности Луны излучение светила доходит в полном

объеме, и солнечную корону там можно наблюдать в любой момент.

Но разве нельзя производить все те же наблюдения с искусственной космической станции или спутника? Почему бы и нет, но на Луне можно разместить более крупную и сложную астрономическую обсерваторию, чем на искусственном спутнике, и с гораздо большим комфортом.

А для целей радиоастрономии ничего подобного Луне и быть не может. Прошло всего 30 лет с того момента, как астрономы начали интерпретировать радиоволны, достигающие Земли из определенных точек космического пространства, и получили из этого изучения много интересных фактов (см. главу 19). И вот сейчас ученые уже выражают обеспокоенность тем, что из-за увеличения количества радиосигналов, производимых человеком, скоро слабые сигналы небесного происхождения станут просто неразличимы.

«Радиоболтовня» земного происхождения переполнит пространство вокруг искусственной космической станции с той же легкостью, что и вокруг радиотелескопа на самой Земле. На Луне же есть «темная сторона», никогда не поворачивающаяся к Земле, где и можно разместить радиообсерваторию. Отгородившись от земного

шума несколькими тысячами километров камня, астрономы смогут слушать музыку сфер в полной тишине.

Десять лет научной работы на Луне могут принести нам больше знаний о Вселенной, чем тысяча лет научной работы на Земле.

Ну хорошо, допустим, исследователям и ученым работа на Луне может принести немало радости, а что же до нас с вами — обычных людей? Допустим, что путешествия на Луну станут обычным делом — есть ли смысл простому человеку отправляться в такое путешествие?

Разумеется. Ведь очень интересно побывать в совершенно новом месте, в окружении небывалых декораций и насладиться невиданными прежде пейзажами.

Солнце (наблюдаемое через защитные стекла, а еще лучше — вообще на специальных экранах) предстанет ужасным, а небо с его невероятно яркими и многочисленными звездами — прекрасным. Но самое главное зрелище лунного неба на Земле вообще никогда не увидеть. Любой турист готов будет пойти на расходы и риск путешествия ради того, чтобы лицезреть Землю над своей головой в лунном небе.

Земля, наблюдаемая с Луны, кажется в четыре

раза шире, чем Луна, наблюдаемая с Земли. Значит, поверхность ее — примерно в 13 раз больше, а благодаря наличию облаков в земной атмосфере она еще и отражает больше света на единицу площади, так что Земля светит в лунном небе в 70 раз ярче, чем Луна — в земном! При этом «фазы Земли», наблюдаемые с Луны, полностью совпадают с фазами Луны в привычном нам понимании.

Одну из своих сторон Луна никогда не обращает к Земле, так что Земля висит в лунном небе неподвижно. На одних точках поверхности Луны она находится всегда прямо над головой, на других — еле-еле поднята над горизонтом. И разумеется, с «темной стороны» Луны Землю не видно никогда.

Иногда Солнце, проходя по лунному небу, оказывается прямо за Землей. На Земле в таких случаях наблюдается лунное затмение. Солнце оказывается скрытым Землей примерно один час, и поверхность Луны на это время темнеет — но не окончательно.

Солнечный свет растекается по всей атмосфере Земли и наблюдается на Луне в виде ярко-оранжевой окружности вокруг полной черноты. За этим оранжевым кольцом в небе будет видна сла-

бая белая солнечная корона. Увидев это зрелище однажды, забыть его уже невозможно.

И конечно, нельзя забывать о предоставляемой Луной возможности испытать условия слабой гравитации. Чувствовать себя легким как пушинка и прыгать огромными прыжками землянам будет приятно и внове. Конечно, управлять телом в условиях непривычной гравитации будет непросто, и падений не избежать. Так что более опытные туристы, уже освоившиеся с местным тяготением, всласть навеселятся над набирающими опыт новичками.

И наверняка кто-то увидит в Луне не просто место для туристического визита. Эти люди захотят здесь остаться.

Стоит человеку добраться до Луны, и появление постоянных жителей на ней станет вполне возможным делом. Источником материалов и энергии для лунной колонии станет сама Луна, так что в большой степени новое поселение окажется независимым от Земли. Энергию на Луне можно будет получать от атомных электростанций, работающих на местном уране, или из яркого солнечного света, никогда не закрываемого облаками. На этой энергии гидропонное земледелие вполне может стать обильным ис-

точником продовольствия.

Кроме того, Луна на самом деле не так мертва, как казалось ранее. В последние годы отмечались случаи вулканической активности на Луне, так что на этом небесном теле вполне может обнаружиться и внутреннее тепло, которое тоже способно послужить источником энергии.

Внутренние полости Луны могут таить в себе и другие сюрпризы. Так, нам известно, что на поверхности ее нет ни воды, ни воздуха, но под поверхностью все может обстоять иначе! С некоторой вероятностью в трещинах лунной коры могут быть обнаружены и вода, и воздух — и тогда их можно будет использовать для нужд лунной колонии.

. Более того, некоторые ученые выдвигают предположения о том, что в таких трещинах могла образоваться даже живая материя уровня микроорганизмов (см. главу 20).

Даже если под землей ни воды, ни воздуха нет, то в любом случае необходимый водород и кислород, как и прочие вещества, в которых возникнет потребность, можно добывать из самого лунного грунта — была бы энергия.

Возможно, со временем под поверхностью Луны будут выкопаны огромные герметичные

(для удержания воздуха) подземные пещеры, где постепенно выстроятся лунные города, где люди будут комфортно себя чувствовать безо всяких скафандров, где будут рождаться дети и поколение будет сменяться поколением.

Приспособившись к слабому лунному тяготению, лунные поселенцы потеряют возможность существовать в условиях земной силы тяжести. Если это произойдет, они окажутся органически отрезанными от внешнего мира. Поэтому в целях профилактики колонисты будут придавать большое значение упражнениям. Земная гравитация может имитироваться в больших центрифугах, в которых поселенцы будут постоянно заниматься, чтобы поддерживать себя в форме.

Возможность колонизации Луны — один из самых волнующих аспектов будущего. На столь дальний переезд пойдут, разумеется, только самые сильные и активные. Как известно из истории, колонии часто превосходят со временем свои метрополии. Еще древние греки на Сицилии и в Малой Азии процветали по сравнению с греками самой Греции. А позже — европейцы, построив такие государства, как Соединенные Штаты, Канада и Австралия, полностью отстранились от Старого Света.

Может ли случиться так, что лунное общество полностью отстранится от нас и построит новую, блестящую цивилизацию, где будут решены те проблемы, с которыми мы так безуспешно боремся? И в итоге лунная цивилизация будет приходить к нам на помощь, спасая и обучая, как Америка не раз уже приходила на выручку Европе? Мы еще вернемся подробнее к этому вопросу в главе 31.

Глава 30
БУДУЩЕЕ И СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Не прошло и десяти лет после запуска первого искусственного спутника Земли, как и сам человек вышел на орбиту, проводя на ней уже по две недели. Некоторые космонавты уже выходили из орбитальной капсулы в открытый космос. Искусственные спутники уже осуществили мягкую посадку на Луну и устремились к Венере и Марсу, чтобы передать оттуда данные наблюдений, аналогичные которым просто невозможно произвести с Земли.

Что нас ждет впереди? Если человечество так далеко шагнуло в космос менее чем за 10 лет, то докуда оно доберется еще за 10? А за 20? А за сто

лет? Будут ли наши космические возможности вообще чем-нибудь ограничены, скажем, в 2100 году?

Начнем с того, что определим, на каком этапе мы сейчас находимся в области беспилотного исследования космоса. Величайший барьер в этой области был преодолен в 1959 году, когда впервые человеком была выпущена в небеса ракета со скоростью более одиннадцати километров в секунду. На такой скорости (она называется «второй космической» скоростью) ракета оказывается способна преодолеть силу земного притяжения настолько, чтобы вообще покинуть земную орбиту, оторваться от планеты и выйти на собственную орбиту вокруг Солнца. Если ее скорость впоследствии упадет, ракета начнет приближаться к Солнцу. Аккуратно управляя скоростью ракеты, мы можем заставить ее приблизиться к Венере или к Марсу, несмотря на то что эти планеты отстоят от нас на миллионы километров даже в ближайшей точке. Mariner 2 в 1962 году прошел от Венеры в 35 000 километров, а Mariner 4 в 1965-м — в 10 000 километров от Марса.

Без каких-либо принципиальных доработок таким же образом можно отправить беспилотный

аппарат и к Юпитеру, Сатурну и более далеким планетам. Это было бы уже сделано, если бы перед нашими учеными не стояли другие, более насущные задачи.

Однако просто послать к Юпитеру кусок железа — мало. Чтобы от беспилотного исследования была какая-то польза, аппарат должен передавать на базу сигналы о своем положении и прочие сведения. Каково максимальное расстояние в космосе, с которого мы можем рассчитывать на получение таких сигналов?

К Юпитеру ученые уже посылали сигнал радара и сумели получить его обратно в отраженном виде. Расстояние от Юпитера и обратно, пройденное сигналом, — 1 287 000 000 километров. Это серьезное достижение по сравнению с состоянием науки сразу после Второй мировой войны, когда большим успехом считалось получение отраженного сигнала от Луны, прошедшего менее 800 000 километров. Похоже, что к 1975 году, или около того, технологии разовьются до такого уровня, когда мы сможем послать луч радара через 6 500 000 000 километров — таково расстояние до Плутона, самой далекой из планет Солнечной системы.

Тогда мы сможем изучить посредством беспилотных аппаратов всю Солнечную систему.

К 2000 году наверняка будет запущено уже как минимум по одному исследовательскому аппарату к каждой из ее планет. Правда, не от всех этих аппаратов еще будут получены на тот момент данные, поскольку путешествие на дальние рубежи Солнечной системы занимает немало времени. Mariner 4 добирался до Марса более восьми месяцев, а если бы он держал путь к Плутону, то полет занял бы много лет.

А может ли наш взгляд проникнуть за пределы Солнечной системы? Ведь стоит придать ракете скорость более 41 километра в секунду, и она сможет покинуть не только орбиту Земли, но и орбиту Солнца. Если мы верно направим ракету, то в конце концов она доберется до альфы Центавра, ближайшей к нам звезде — как в общем-то и до любого другого нужного небесного тела.

К сожалению, расстояние до ближайшей к нам звезды в 7000 раз превышает расстояние до Плутона. Полет беспилотного аппарата к альфе Центавра вполне может занять много веков. К тому же пока нет стопроцентной уверенности, что нам удастся разработать достаточно мощные лучи, чтобы поддерживать связь с аппаратом на протяжении всего полета. По крайней мере, ближайшие сто-двести лет нам это точно не удастся

(см. главу 22).

А как же полеты пилотируемые? Зрелище искусственного аппарата, фотографирующего поверхность Луны, ни в какое сравнение не идет со зрелищем стоящего на Луне человека. Да и ограничимся ли мы высадкой на Луне? Стоит ли ожидать, что однажды люди ступят на поверхность Марса или Юпитера? Где пролегает та линия, которую человек вряд ли переступит ближайшие полтораста лет?

Космические путешествия человека можно разделить на четыре порядка: по нескольку дней, по нескольку месяцев, по нескольку лет и по нескольку веков. К путешествиям первого порядка, по нескольку дней, можно отнести путешествие на Луну. Высадка человека на Луне ожидается к 1970 году — и может ли что-то удержать нас от этого, кроме возможной технической аварии?

Существует два типа опасностей, которые сейчас тщательно изучаются. Во-первых, космонавт в течение недели будет находиться в состоянии невесомости. Опасно ли это? Люди уже пребывали по две недели на орбите и возвращались обратно живые и здоровые, несмотря на невесомость. Так что с этим, кажется, все в порядке.

Во-вторых же, космонавты будут подвергаться радиационному воздействию поясов Ван Аллена, облучению высокоэнергетическими частицами, испускаемыми Солнцем, и космическими лучами, попадающими в Солнечную систему извне. Можно ли защититься от этого? Природа и воздействие всех этих видов излучения сейчас изучается десятками американских и советских спутников, и пока не получено никаких сведений, которые свидетельствовали бы о невозможности полета на Луну.

Единственная причина, по которой человек не попал на Луну до сих пор, — это невыполненный объем технической работы, необходимой для того, чтобы не только забросить туда космонавта, но и вернуть его обратно живым. Когда мы наконец достигнем Луны, ничто уже не будет удерживать нас от того, чтобы перебросить туда технику и припасы, необходимые для создания постоянно действующей базы (см. главу 29).

К 1980 или 1985 году такая база уже будет существовать. Благодаря наличию астрономической обсерватории на Луне будут получены данные, которые откроют нам путь к более масштабным космическим путешествиям. Более того, Луна, с ее слабой гравитацией, может послужить и более

экономичной пусковой площадкой для такого рода путешествий, чем сама Земля.

На втором этапе развития космического транспорта, когда люди смогут позволить себе полеты по нескольку месяцев, в пределах досягаемости окажется внутренняя часть Солнечной системы — Марс, Венера и Меркурий. Из этих трех наиболее благодатную цель представляет собой Марс. Несмотря на чрезвычайно разреженную и безводную атмосферу, на этой планете даже может существовать жизнь в ее простейших формах (см. главу 20).

Главная сложность полета на Марс заключается в огромном расстоянии, которое предстоит преодолеть. По пути до Марса людям придется провести в космосе полгода, а то и больше. Смогут ли они столько времени прожить в изоляции? А в невесомости?

Давайте рассмотрим эти проблемы поподробнее. Изоляция вряд ли окажет серьезное воздействие. Четыре или пять веков тому назад люди отправлялись в океанские путешествия, длительность которых тоже составляла по нескольку месяцев, и по пути моряков подстерегало не меньше опасностей, чем космонавтов — по дороге к Марсу. А изоляция мореплавателей прошлого бы-

ла куда более полной, чем изоляция космонавтов будущего. Ведь космонавт в любой момент может воспользоваться радиосвязью с Землей и знать при этом, что его слышит все человечество.

Проблема наличия припасов сейчас активно решается. Во-первых, надо сделать так, чтобы не было необходимости везти с собой тонны воды и кислорода. Вместо этого на борту должна иметься миниатюрная химическая фабрика, где будет очищаться вода, содержащаяся в отходах, а из углекислого газа будет вновь образовываться кислород. Вот вопрос производства на борту корабля пищи пока не рассматривается — пищу придется везти отдельно в замороженном и высушенном виде.

Теперь о невесомости. Есть мнение, что пребывание в невесомости по шесть месяцев и более нанесет здоровью человека серьезный вред. Однако если при планировании космического корабля сделать его (весь или частично) вращающимся с достижением эффекта центрифуги, центробежная сила будет прижимать космонавта к стенкам, имитируя, таким образом, гравитационное поле. После придания кораблю изначального импульса на дальнейшее поддержание вращательного движения уже не потребуется расхода энергии,

и искусственная гравитация на протяжении всего полета обеспечит космонавтам комфорт и сохранность здоровья.

Если все эти проблемы будут решены, то космонавты высадятся на Марс к 1985 году, а в 1995 году там уже будет постоянно действующая станция. Возможно, станции появятся и на двух крошечных спутниках этой планеты — Фобосе и Деймосе, где нет атмосферы и почти нет гравитации.

Что можно сказать об опасности облучения в ходе такого долгого путешествия? Главную опасность представляют собой высокоэнергетические частицы, испускаемые Солнцем с непредсказуемыми интервалами. Хоть путь к Марсу и лежит прочь от Солнца, все равно необходимо будет разработать и создать защитные экраны против солнечного излучения. Сам Марс не имеет никаких собственных поясов излучения, так что близость к этой планете опасности не представляет.

Путешествия к Венере и Меркурию по продолжительности не дольше, чем путь к Марсу, но энергии на полет к Меркурию потребуется значительно больше. Причиной тому большая сложность орбитального маневрирования в пределах мощного гравитационного поля близко

расположенного Солнца.

Ни у Венеры, ни у Меркурия не обнаружено никаких заслуживающих упоминания радиационных поясов. Однако путь к этим планетам лежит в сторону Солнца, чье излучение опасно усиливается по мере приближения. Если ученым удастся решить проблему защиты от радиации, а скорее всего — удастся, то и до Венеры и до Меркурия люди доберутся еще до наступления 2000 года.

Вот установление там постоянных баз — другое дело. По данным аппарата Mariner 2, температура поверхности Венеры — около 420 °С. Если такова круглосуточная температура по всей поверхности покрытой облаками планеты, то и под ее поверхностью наверняка не прохладнее. Значит, в подземельях на Венере от жары не спрятаться. На Венеру могут приземляться беспилотные аппараты, а пилотируемые корабли могут нырнуть в облака и немного пролететь над планетой, но появление там постоянно действующей базы очень маловероятно.

Меркурий представляет собой более благоприятную цель, поскольку там нет атмосферы, которая сохраняла бы тепло и распределяла его по всей планете. До последнего момента считалось,

что Меркурий всегда обращен к Солнцу только одной стороной, и эта сторона всегда раскалена, а на противоположной царит вечный холод с температурой близкой к абсолютному нулю. Если бы это было действительно так, то можно было бы высадиться на холодной стороне. Обеспечить базе искусственное отопление можно всегда, как бы холодно ни было вокруг. Однако сейчас поступают сведения о том, что Меркурий все-таки медленно вращается относительно Солнца, совершая один оборот за 59 земных дней.

В любом случае, за ночь поверхность Меркурия вполне достаточно остывает. Значит, если на эту планету приземлится экспедиция, это должно произойти в точке, достаточно долго пробывшей в ночной тени, и за остаток ночи нужно будет успеть выкопать в точке приземления подземную базу.

Меркурий находится на расстоянии 45 000 000 километров от Солнца. Сможет ли человек подобраться еще ближе? Есть такая возможность. Существует астероид под названием Икар, периодически проходящий от Земли на расстоянии в несколько миллионов километров. У него очень сильно вытянутая орбита. Находясь на одном конце своей орбиты, он оказывается на полпути

к Юпитеру, на другом же — чуть не падает на Солнце, подходя к нему всего на 30 000 000 километров. Если люди высадятся на Икар, когда он будет проходить мимо Земли, и быстро разместят там необходимую технику, можно будет впоследствии получить потрясающие картины, сделанные в непосредственной близости к Солнцу, и данные о испускаемых светилом заряженных частицах и магнитных полях.

Подобраться к Солнцу ближе, чем это делает Икар, человеку удастся вряд ли. Космические корабли, хоть пилотируемые, хоть беспилотные, могут подлететь к Солнцу на сколь угодно близкие расстояния, но жар и излучение окажутся разрушительными, похоже, не только для людей, но и для техники. Очень маловероятно, что за ближайшие полтора века удастся разработать достойную защиту против энергии Солнца, так что придется ограничиться возможностями Икара.

Третья стадия освоения космоса, при которой полеты будут длиться годами, откроет перед человеком дальние рубежи Солнечной системы. Этот процесс может быть пошаговым. Между орбитами Марса и Юпитера кружатся тысячи астероидов. Диаметр некоторых из них превышает сотню километров; самый крупный, Церера,

имеет диаметр 772 километра. Добравшись до Марса, уже несложно будет долететь оттуда до любого из астероидов. Возможно, уже в 2000 году человек высадится на Цереру. Шаг за шагом освоены будут и другие астероиды. Один из самых интересных астероидов носит имя Идальго. У него очень вытянутая орбита — с одной стороны он подходит на 38 620 000 километров к орбите Марса, а с другой — удаляется от Солнца до уровня орбиты Сатурна. Однако его орбита находится под углом к орбитам самих планет, так что ни к Юпитеру, ни к Сатурну он не приближается. И все же, если люди высадятся на Идальго, когда он будет проходить мимо Марса, они смогут провести несколько лет в космосе, спокойно изучая условия внешних рубежей Солнечной системы, зная, что в итоге опять вернутся к орбите Марса.

Космонавты могут осваивать планеты постепенно, сначала прочно обосновавшись на одной и лишь затем продвигаясь к следующей. Однако, совершая все эти путешествия, даже при лучшем раскладе космонавтам придется проводить в дороге целые годы, если их корабли будут оснащены принципиально теми же двигателями, что и сейчас. Если не будет разработано нового класса ракетных двигателей, человек, скорее всего, ни-

когда не продвинется дальше пояса астероидов.

Не исключено, что помощь придет в виде ядерных двигателей, в которых ракету будет толкать вперед серия атомных взрывов или выхлоп газов, раскаленных в ядерном реакторе. В любом случае реактивные ракеты будут при этом дольше поддерживать ускорение и достигать более высоких скоростей.

Еще как вариант ученые разрабатывают сейчас ионный двигатель. Обычные ракеты движутся за счет того, что выбрасывают назад раскаленные газы в огромном количестве. Эта грубая сила является необходимой для того, чтобы разогнать ракету до выхода за пределы атмосферы и вытолкнуть ее на околоземную орбиту. Однако на орбите космический корабль будет окружать вакуум, и там можно будет извлечь пользу и из электрически заряженных частиц, ионов. Действие электрического поля может заставить их устремиться назад. Тяга, создаваемая ионами, слаба, так что корабль будет ускоряться медленно, однако на больших расстояниях ионные двигатели могут оказаться гораздо эффективнее, чем обычные реактивные. Производимое с их помощью ускорение может продолжаться сколько угодно, так что теоретически ракета с ионными

двигателями может разогнаться до скорости света (300 000 километров в секунду). К 2000 году, когда человек доберется до Цереры, ракеты будут летать и на реактивных, и на ионных двигателях. И возможно, именно с их помощью человек сможет исследовать дальние рубежи Солнечной системы.

Поколение спустя, скажем в 2025 году, вполне возможно, что человек высадится на одном из спутников Юпитера. Через сто лет будет произведена высадка на какой-нибудь из спутников Сатурна, а в планах будет снаряжение экспедиции на спутники Урана и Нептуна. К 2100 году человек достигнет и края Солнечной системы — Плутона.

Обратите внимание — я упомянул лишь спутники Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. А как же сами планеты? Дело в том, что условия на этих четырех гигантских планетах разительно отличаются от земных. Они смертельно холодны и обладают огромной плотной ядовитой атмосферой, в которой бушуют страшные ураганы и бури. Давление на дне такой атмосферы должно быть в тысячи раз сильнее, чем на Земле. К тому же вообще нет никакой уверенности в том, какого рода твердая поверхность находится под

атмосферами этих планет.

Если космонавты когда-нибудь и доберутся до твердой поверхности газовых гигантов (наверное, для этого потребуется космический корабль, обладающий свойствами батискафа, с помощью каких сейчас исследуют океанские глубины), то они окажутся в зоне действия сильнейшей гравитации, многократно превосходящей земную. Воздействие столь мощной силы тяжести не только затруднит любые движения самих космонавтов, но и, самое плохое, сделает задачу по подъему корабля обратно в космос практически неосуществимой. Трудности, сопряженные с отправкой на гигантские планеты пилотируемых экспедиций, столь велики, что очень долго ученым придется довольствоваться данными с беспилотных аппаратов, и человек в обозримом будущем не появится на этих планетах. А вот высадка на небольшой Плутон вполне реальна.

Четвертая стадия покорения космического пространства, при которой полеты будут длиться веками, будет эпохой межзвездных перелетов. Как уже говорилось, ближайшая к нам звезда находится на расстоянии, в 7000 раз превышающем расстояние до Плутона. Стоит ли овчинка выделки?

В нашей Солнечной системе нет ни одной планеты, где человек чувствовал бы себя комфортно. На всех вышеперечисленных небесных телах можно жить лишь под землей или под куполами искусственных сооружений (что само по себе было бы значительным шагом вперед — см. главу 31). Нигде в нашей Солнечной системе, за исключением Земли, невозможно существование жизни, кроме ее самых примитивных растительных форм. Однако в системах других звезд вполне могут обнаружиться планеты земного типа, на которых с большой вероятностью могла зародиться жизнь (см. главу 22). Некоторые из этих планет даже могут оказаться населенными разумными существами. К сожалению, нельзя быть уверенными в том, что та или иная планета населена, пока человечество, в лице экипажей космических кораблей, не подберется достаточно близко к тем звездам, вокруг которых эти планеты кружат. Так что в поисках другой жизни мы вынуждены действовать вслепую.

Но сможем ли мы добраться до других звездных систем?

Понятно, что достижение даже ближайших из них — задача неимоверно более сложная, чем достижение самых далеких планет нашей Сол-

нечной системы. Основную проблему при этом будет представлять собой обеспечение защиты против смертоносных высокоэнергетических частиц, которые будут прошивать корабль, угрожая здоровью людей и целостности оборудования. Эта проблема до сих пор еще не решена. Более того, никакие, даже самые быстрые, ракеты не могут двигаться быстрее скорости света, а путешествие до ближайшей звезды и обратно даже со скоростью света займет около девяти лет. Полеты же к более далеким звездам могут занять сотни тысяч лет.

Даже в 2100 году, когда люди уже высадятся на Плутоне, вряд ли будет всерьез рассматриваться идея о снаряжении межзвездной экспедиции. Но значит ли это, что человеку вообще никогда не суждено добраться до звезд?

«Никогда» — это слово для пессимистов. Ученые уже придумали несколько теоретических способов сделать межзвездные путешествия возможными. Во-первых, необходимо научиться достигать околосветовых скоростей. В этом могут помочь ионные двигатели или иные, еще неоформленные технологические достижения.

Согласно теории относительности Эйнштейна, любое движение внутри быстро перемещающих-

ся предметов замирает. Соответственно, за много веков космического путешествия для самих космонавтов пройдет всего несколько лет (см. главу 18). Человек сможет добраться до самых далеких звезд в течение своей жизни, хотя, конечно, с той обстановкой, из которой он улетал, распрощаться придется навсегда.

Даже если выяснится, что достижение околосветовых скоростей нереально, все равно можно будет уложить полет в срок жизни космонавта. Для этого на время полета тела космонавтов могут быть заморожены и помещены на сотни лет в специальную автоматизированную камеру, которая сама вернет их к жизни по достижении цели. Впрочем, реальность осуществления этой теории тоже пока под вопросом.

Есть и третий вариант. Вместо маленьких космических кораблей, оптимальных для изучения и колонизации Солнечной системы, специально для межзвездных путешествий можно будет построить огромный корабль, по сути — маленькую планету. На таком корабле должны будут разместиться тысячи людей, при этом так, чтобы осталось еще место для земледелия и скотоводства. Во время полета от звезды к звезде будут сменяться поколение за поколением, люди бу-

дут рождаться, вырастать, стареть и умирать. Условия, при которых создание такого корабля станет возможным, рассматриваются в следующей главе.

Посылая экспедиции к другим звездам, не важно, к какой именно системе, не стоит рассчитывать увидеть их возвращение. Даже успешная экспедиция, побывавшая на планете далекой звезды, может вернуться не в том столетии, в котором планировалось. Установить связь с человеческими поселениями на планетах других звездных систем тоже не удастся — по крайней мере, в привычных нам формах. Даже если люди научатся производить достаточно мощные коммуникационные лучи, чтобы доставать до звезд, информация, передаваемая с помощью таких лучей, будет находиться в пути столетиями, плюс еще столько же времени займет ответ (см. главу 22).

Подведем же итог. Можно предположить, что к 2100 году человечество уже изучит всю Солнечную систему и люди побывают на поверхности некоторых планет, за исключением Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и Венеры, и множества спутников и астероидов. Человек рассмотрит Солнце с близкого расстояния (но не ближе чем 30

000 000 километров). Однако попыток добраться до планет вне нашей Солнечной системы предпринято не будет.

После 2100 года в успехах человечества наступит долгий перерыв. Похоже, что именно на этом сроке человек полностью исчерпает возможности имеющихся в его распоряжении технических средств. Задачи, оставшиеся не выполненными к 2100 году (высадка на гигантские планеты, более тесное приближение к Солнцу, полет к звездам), могут быть теоретически осуществимы, но практически настолько сложны, что человек не возьмется за них еще много веков после 2100 года.

Глава 31
БУДУЩЕЕ И ВСЕЛЕННАЯ

Позвольте мне начать с произнесения неблагозвучного слова «спом» — и с определения этого слова.

Спом — это любая замкнутая в материальном смысле система, в рамках которой возможно поддержание жизнедеятельности человека в течение неопределенно долгого периода времени.

Земля является спомом, и, строго говоря, это

единственный известный спом. Наверное, доказывать факт того, что Земля — это спом, незачем. В условиях Земли существование человечества поддерживается более миллиона лет, если считать все стадии развития вида, включая переходные формы, — и будет поддерживаться далее любой обозримый срок, если только человек сам не прервет этот процесс.

Далее, Земля — вполне замкнутая и самодостаточная в материальном смысле система. Объем материи, попадающей на Землю в виде метеоритного дождя или исчезающей с Земли в виде утечек атмосферы, незначителен. На самодостаточности Земли эти изменения не сказываются и, наверное, не будут.

Но быть замкнутой в энергетическом смысле системой спом не может.

Жизнь — это процесс, при котором менее организованные составляющие окружающей среды становятся более организованными. То есть существование жизни подразумевает постоянное снижение энтропии, а значит — может иметь место только за счет столь же постоянного, и даже большего по масштабам, увеличения энтропии во внешней среде в целом.

Если бы Земля была энергетически замкнутой

системой, то даже появись на ней временно человек или иное живое существо — за сравнительно короткий период весь кислород и все органические соединения деградировали бы до углекислого газа и прочих отходов жизнедеятельности, и на этом бы все остановилось — Земля вновь превратилась бы в необитаемую пустыню.

Так что главную роль в процессе жизнедеятельности играет энергия Солнца, попадающая на Землю. Она поддерживает движение воздушных масс в атмосфере, благодаря ей океаны присутствуют на Земле в жидкой форме, из-за нее проходят дожди, а главное — именно солнечная энергия используется зелеными растениями для переработки углекислого газа и воды в органические вещества и свободный кислород.

Деятельность живых существ поднимает энтропию окружающей среды, но поступающая извне солнечная энергия вновь опускает ее на прежний уровень. Такое равновесие поддерживается уже несколько миллиардов лет за счет быстро возрастающей энтропии самого Солнца — резервов которого хватит, впрочем, еще на несколько миллиардов лет.

Нет смысла включать в полученную систему что-либо еще, кроме Солнца. Ведь, насколько нам

известно, именно процессы снижения энтропии за счет увеличения энтропии Солнца и звезд в целом и поддерживают в вечном стабильном равновесии всю Вселенную (к таким глобальным выводам пришли некоторые астрономы, но нас вселенский масштаб сейчас интересовать не будет). Солнце пробудет в своем теперешнем состоянии еще, наверное, с десяток миллиардов лет, а по человеческим меркам это достаточно долго. Следовательно, в течение этого времени Землю можно рассматривать как спом.

Если бы Земля представляла собой единственно возможный вариант спома, то необходимости в такой науке, как спомология, не возникло бы — хватило бы и географии с геологией. Однако, может быть, Земля — это лишь единственный спом, существующий на данный момент, и что возможно существование множества других спомов. В этом случае уже возникает интерес.

Существует вероятность, вернее, даже уверенность в том, что где-то среди звезд (хотя и не в нашей Солнечной системе) могут существовать и другие спомы. Имеются в виду планеты, общие свойства которых совпадают с земными и звезды которых похожи на наше Солнце, а значит — способные служить человечеству в качестве

обитаемых планет. Я везде в этой книге (см. главу 22) привожу примерную оценку в 640 000 000 таких планет только в нашей Галактике.

Но даже все эти 640 000 000 планет, вместе взятые, еще не придают спомологии интереса — подумаешь, та же самая Земля, повторенная миллионы раз! С точки зрения спомологии изучить одну Землю — то же самое, что изучить их все, а раз одну Землю мы все хорошо знаем, то и остальные планеты земного типа интереса для нас не представляют.

Для того чтобы пробудить интерес к спомологии, нам нужно представить спом, совершенно непохожий на Землю. А лишь пробудив интерес, мы сможем понять, нужна ли нам спомология вообще.

Зададимся вопросом, почему Земля — спом, а Юпитер или Меркурий — нет? Короче всего ответ на этот вопрос можно выразить одним фактором: дело в массе. Юпитер — слишком большой, Меркурий — слишком маленький. Именно в массе выражаются, в той или иной степени, все остальные факторы, делающие (или не делающие) систему спомом.

Если планета недостаточно массивна, она не сможет удержать ни атмосферы, ни жидкого

океана. Если она слишком массивна, то она будет удерживать водород с гелием, поддерживая, таким образом, ядовитую атмосферу и в лучшем случае аммиачный океан. Ни в первом, ни во втором случае спома не получится.

Очень массивной планета может стать, скорее всего, в том случае, если формируется вдали от своего светила, а значит — не испытывает особой конкуренции в притяжении материи. Удаленность от звезды обеспечивает и низкую температуру, при которой порхающие молекулы водорода (самого распространенного во Вселенной вещества) имеют меньшую скорость, а значит — легче удерживаются гравитационным полем планеты. В таких условиях планета слишком холодна, чтобы быть спомом.

Аналогично рассуждая, можно сказать, что и слишком маленькими получаются, как правило, те планеты, которые образуются близко к своему светилу, которое оттягивает с них большую часть вещества и вдобавок нагревает пространство до такой степени, что атомы самых распространенных веществ набирают большую скорость и становятся трудноуловимыми. Возможен также вариант, когда маленьким небесное тело стало благодаря формированию не возле звезды, а

возле крупной планеты, так что само оно представляет из себя скорее не планету, а спутник. В первом случае наше небесное тело будет слишком горячим, чтобы быть спомом, а в последнем — слишком холодным.

Конечно, есть и исключения из этих общих правил, даже в нашей Солнечной системе. Например, Луна имеет гораздо больший размер, чем «положено», а Плутон — слишком малый. В попытках уложить эти факты в систему ученые выдвигают предположения, что Луна — это «захваченная» планета, а Плутон — «сбежавший» спутник.

Но в целом же, предполагая звезду определенного типа, стоит рассчитывать, что планета соответствующей массы будет находиться на соответствующем расстоянии от этой звезды и иметь соответствующий химический состав.

Так что можно сказать, что поиск спома — это поиск небесного тела подходящей массы.

Но пока мы говорили только о естественных явлениях. Создается впечатление, что нас интересуют только «природные» спомы, данные нам в готовом виде. Давайте же добавим в картину фактор человеческой воли. Если верить Джойсу Килмеру, лишь Господь может создать дерево, но спомы, возможно, могут создать и дураки вроде

нас с вами.

Возможно ли создание «искусственного спома»? Можно ли взять тело совершенно неподходящей массы и сделать из него спом? Ну, о телах массы больше нужной даже и говорить нечего. Во-первых, их очень мало (в нашей Солнечной системе таких всего пять, считая само Солнце, в то время как малых небесных тел — тысячи). Кроме того, со слишком массивными телами шутки плохи, слишком мощны их гравитационные поля и слишком глубоки атмосферы.

Так что давайте рассмотрим тела с массой меньше нужной. Возьмем для примера самое близкое к нам небесное тело — нашу Луну.

Если в общем виде вопрос звучит как «можем ли мы создавать спомы на основе небольших небесных тел?», то в данном конкретном случае перефразируем его как «можем ли мы превратить Луну в спом?».

Сейчас Луна — однозначно не спом. Из-за малой массы она не имеет ни атмосферы, ни воды. Но давайте рассмотрим каждую проблему в отдельности: атмосферу можно удержать от рассеивания в космосе с помощью мощного гравитационного поля, но с таким же успехом это можно сделать с помощью физических барьеров.

Другими словами, спомы можно разделить на две категории — открытые и закрытые. Открытый спом — это тот, в котором атмосфера и вода удерживаются гравитационным полем на внешней поверхности тела, и, соответственно, люди могут жить на внешней поверхности, а закрытый — тот, в котором воздух и вода удерживаются внутри герметично замкнутой полости, во внутреннем пространстве которой и живут люди. Понятно, что естественные спомы — открытые, а искусственным придется быть закрытыми.

Итак, предположим, что мы выроем пещеру под поверхностью Луны и заполним ее воздухом, водой и всем прочим необходимым для жизни. Первичные запасы можно привезти с Земли, но возможно, что в дальнейшем воду можно будет добывать из гидратов лунной коры, а из воды получать и кислород.

При наличии достаточного энергоснабжения и большого количества различных минералов, какие на Луне имеются в достатке (как, впрочем, и на многих меньших небесных телах), можно удовлетворять основные потребности в химических веществах за счет местных ресурсов.

Самое главное здесь — энергия. Мы привыкли рассматривать в качестве основного источника

энергии Солнце. В природе действительно единственный источник, производящий достаточно энергии, чтобы поддерживать существование естественного спома, — это звезда вроде нашего Солнца. Но звезда — любая звезда — это очень нерациональный источник энергии. На планету попадает лишь ничтожная доля вырабатываемой им энергии, и даже из нее используется очень небольшой процент. Так что хватило бы и гораздо менее мощного источника, используемого с большим КПД.

Зимой энергии целого Солнца оказывается недостаточно, чтобы согреть нас, однако с этой задачей вполне справляется небольшой костер. Конечно, энергии одного костра не хватит, чтобы питать целый закрытый спом, но у нас на примете есть кое-что и получше.

Если говорить о крупных спомах, то лишь энергия слияния водорода может служить надежным источником энергии на неопределенный срок. Именно слияние водорода в огромных масштабах порождает солнечную энергию, и именно оно в меньших масштабах будет когда-то снабжать энергией Землю.

Так что мне видится — не в ближайшем будущем, конечно, — картина Луны, под поверхно-

стью которой растет обширная сеть пещер, чье население получает все необходимые вещества из самой лунной породы, а энергию — от водородных электростанций. В этом подземном мире появятся и растения, и животные (и, неизбежно — микроорганизмы), а главное — люди, взрослые и дети, семьи, не знающие и не желающие знать иной жизни.

Преимущества в этом случае очевидны. Поселенцев будет окружать среда, разработанная специально для человека; человек наконец-то будет иметь то, что ему надо (во многих жизненно важных отношениях), а не то, что получилось. Что самое важное, на поселенцев не будет давить груз прошлого. Так же как в основе процветания и успеха Соединенных Штатов частично лежит отказ от горького европейского прошлого, так и лунное население станет свободным от ошибок прошлого Земли.

Очевидны также и недостатки. Как ни полагаемся мы на научно-технический прогресс, но изменить гравитацию Луны мы вряд ли когда-нибудь окажемся в силах. Сила тяжести, испытываемая лунными жителями, всегда останется в шесть раз меньше земной.

Несомненно, они к этому быстро привыкнут,

и люди, рожденные на Луне и не знающие других условий, будут считать такую силу тяжести обычным делом. Но как эти перемены отразятся на здоровье людей на первом этапе, особенно тех, кому часто придется перемещаться между Землей и Луной? Не ослабеют ли мышцы и не истончатся ли кости поселенцев настолько, что они навсегда потеряют возможность вернуться на Землю?

Пожалуй, эта проблема никогда не встанет в полный рост. Лунные жители могут поддерживать себя в форме, тренируясь в спортзалах или центрифугах; да и немногим это поддержание в форме понадобится на самом деле. Подавляющему большинству лунных жителей совершенно незачем будет появляться на Земле.

Еще одним недостатком является повышенная уязвимость закрытого спома в отношении катастроф, к которым открытый спом устойчив. Если атмосферу и воду в споме удерживает сила тяготения, то с ними ничего не случится. На гравитацию планеты не в силах повлиять ничто, кроме катаклизма астрономического масштаба, так что вода и воздух открытого спома всегда останутся при нем.

А вот закрытый спом сразу же растеряет весь

воздух и постепенно — воду, стоит только крупному метеориту пробить где-нибудь свод пещеры или сдвигу почв — нарушить ее герметичность. Что ж, следует все же ожидать, что людям хватит ума и изобретательности минимизировать последствия таких катастроф. И конечно же пещеры закрытого спома будут автономизированы, чтобы авария в одной из них не повлияла на остальные.

Сама по себе вероятность катастроф не должна останавливать человечество. На Земле катастроф тоже хватает — мы периодически страдаем от ураганов, торнадо, наводнений, засух и прочих стихийных бедствий, каких на Луне не будет никогда. Так что у патриота Луны найдутся аргументы в пользу того, что Земля гораздо меньше заслуживает звания катастрофоустойчивого спома, чем Луна.

Теперь давайте перейдем к психологическим сложностям. Могут ли люди приучиться долгое время жить, по сути, в обычной пещере? Рождаться и умирать, ни разу не побывав снаружи? Ответ, на мой взгляд, должен быть всецело положительным. Если пещера достаточно велика и удобна — почему бы нет?

Ошибкой было бы недооценивать гибкость

человека. Он не раз уже доказывал свою способность приспосабливаться к самым, казалось бы, непривычным условиям. К примеру, город Нью-Йорк — не менее искусственная среда обитания, чем спом, не меньше Луны оторванная от естественных условий Земли. Однако люди во мгновение ока сменили хижины на небоскребы, и приезжий крестьянин вполне способен в течение своей жизни адаптироваться в Нью-Йорке.

Зачем представлять себе лунных жителей обязательными клаустрофобами? Скорее уж они будут с ужасом представлять себе мир вроде Земли, где людям приходится осторожно ходить по внешней поверхности и терпеть все капризы непредсказуемой и переменчивой погоды. Желания переселиться на Землю у лунного жителя будет не больше, чем у жителя Нью-Йорка — перебраться в пещеру.

Рассуждая о закрытых спомах, надо преодолеть собственные предрассудки. Легко скатиться к шаблону: открытый спом — «естественный», а закрытый — «искусственный», значит, открытый — это хорошо, а закрытый — плохо.

Может даже родиться аргумент, что «настоящий» спом — это только такой, в котором возможно самозарождение жизни из неоргани-

ческой материи, как это произошло когда-то на Земле (см. главу 9). Мир же, который надо сначала создать, а потом еще и заселить видами живых существ, за плечами которых уже по два-три миллиарда лет эволюции, — это вообще не спом, а имитация, обязанная своим возникновением паразитированию на настоящем споме.

Но если продолжить ход этих рассуждений, то можно привести их и в отношении среды обитания homo sapiens. Ведь жизнь зародилась не на суше. Единственным «настоящим» спомом на Земле является в таком случае океан. Лишь постепенно отдельные виды живых существ переселились на сушу, которая была сначала такой же враждебной для жизни средой, как и Луна сейчас.

Если представить себе рыбу-философа, то можно предположить, что она неодобрительно качала головой, думая о глупости созданий, возжелавших выползти на берег. Каким неразумным казалось решение разменять комфорт океана на жестокие крайности открытого воздуха; обилие воды на постоянную угрозу обезвоживания; трехмерную среду невесомого плавания на тяжелое двухмерное существование!

Все эти недостатки совершенно объективны, и

по сей день они никуда не делись. Живые существа впервые выбрались на сушу около 425 000 000 лет назад, и даже сейчас океаны по-прежнему куда богаче жизнью, чем суша. Сухопутным животным потребовались миллионы лет развития для того, чтобы стать обладателями достаточно сильных конечностей, для того, чтобы вырастать до больших размеров и при этом быстро двигаться. Лишь через двести миллионов лет существования на суше у живых существ появились внутренние термостаты и внешние термоизолирующие слои, позволяющие хоть как-то компенсировать отсутствие окружающей среды с равномерной температурой. Сам человек поднялся на задние лапы лишь полтора миллиона лет назад и до сих пор расплачивается за существование в условиях гравитации плоскостопием, остеохондрозом и рядом других заболеваний. Угроза падения всегда висит над человеком, и мы не чувствуем ее только потому, что привыкли.

Нет, тем, кто воротит нос от Луны как от «неестественной» среды обитания, следует также воротить его и от земных континентов. Мы живем на участках планеты, искусственно заселенных живыми существами из «настоящего»

спома, и, несмотря ни на что, сухопутная жизнь по-прежнему беднее и, во многих отношениях, менее удобна и перспективна, чем морская.

Но стоит ли теперь жалеть, что наши предки перебрались из моря на сушу? Сухопутная жизнь, со всеми ее недостатками, открыла нам путь к недосягаемым в море возможностям. Сейчас, задним умом, мы видим, что океан — это тупик эволюции и только суша способна открыть новые горизонты.

Последний тезис можно и пояснить. Плотность воздуха — гораздо меньше, чем воды. Живя в воде, необходимо или иметь обтекаемую форму тела, или примириться с медленной скоростью перемещения. Самые высокоразвитые морские существа — спруты и рыбы — имеют в высшей степени обтекаемую форму. Сухопутные животные, вернувшиеся в море, имеют тем более обтекаемую форму, чем раньше они вернулись в водную стихию. Привести для примера можно выдру, пингвина, тюленя, морскую корову и, наконец, кита.

Обтекаемая форма тела подразумевает короткие конечности, а лучше — их отсутствие. Исключение составляют лишь в высшей степени специализированные щупальца спрута. А

вот в обладающем низкой плотностью воздухе вполне возможно и двигаться быстро, и иметь неправильную форму тела, так что сухопутные животные могли позволить себе иметь развитые конечности. Именно благодаря этому факту человек получил свои бесценные руки.

Теперь подумайте — даже если бы дельфины действительно обладали таким же разумом, как и люди, как они могли бы это продемонстрировать, не имея рук? Если мы когда-либо научимся общаться с дельфинами, мы поймем, что они — несчастные философы, способные размышлять, но не способные ничего сделать.

Кроме того, только на суше можно встретить огонь. Поэтому и овладеть огнем могли только сухопутные существа. Можно, конечно, возразить, что технологический прогресс человечества не всегда есть благо, но я сильно сомневаюсь, что даже самый ярый сторонник возврата в золотой век готов жить в обществе, в котором не умеют разводить и поддерживать огонь.

Используя аналогию из мира химии, можно сказать, что выход из моря на сушу обеспечил «фазовый переход» качества жизни, и вряд ли кто-нибудь из нас сможет спорить с тем, что результат принес только благо.

И вполне возможно, что перемещение из «естественного» открытого спома в «искусственный» закрытый тоже приведет к аналогичному положительному фазовому переходу. Не хочу заниматься провидчеством — предсказать наперед что-то в подобных случаях оказывается столь же сложно, сколь и просто потом все объяснить задним умом. Но кое-что все же попробую предположить.

Мне кажется, например, что, как бы ни был изначально труден переход из открытого спома в закрытый, в итоге человек получит частичное избавление от недостатков, связанных с предшествующей сменой среды обитания. В закрытом споме человек вернется к такой же единообразной окружающей среде, какая была дана ему когда-то морем, и к такой же слабой силе тяжести, не теряя при этом преимуществ низкой плотности воздуха. Можно сказать, что закрытый спом некоторым образом объединит в себе самое лучшее, что есть в морской и сухопутной среде, и будет, лишен главных недостатков и того и другого. Из этого явно должно получиться что-то стоящее.

Если мы создадим закрытый спом на Луне, то неизбежно возникнущая при этом эйфория от

успеха подтолкнет людей к тому, чтобы образовать спомы и на других небольших небесных телах, например на Марсе или крупных спутниках Юпитера. Однако самым активным будет движение по созданию закрытых спомов на еще более малых телах — например, на астероидах, тысячи которых летают между орбитами Марса и Юпитера.

Почему именно на астероидах?

Все дело в эффективности использования среды. При всем желании, каких бы высот ни достигли технологии обозримого будущего, вряд ли человечество сможет глубоко проникнуть в недра Земли или даже более мелких небесных тел вроде Марса или Луны. Можно пробурить узкие шахты, доходящие до мантии, но с мыслью о создании закрытых спомов — огромных, удобных и обустроенных пещер — нам придется ограничиться двумя-тремя километрами глубины. Углубляться дальше людям помешает внутренний жар Земли, а возможно — и Марса, и Луны.

Получается, что объем всего небесного тела остается практически неиспользуемым и, кроме гравитационного поля, ничего не дает жителям спома.

А вот астероид можно превратить в спом пол-

ностью. Его можно изрешетить вдоль и поперек. Внутри астероидов нет высоких температур, а практически полное отсутствие гравитации на них сильно облегчает работу по извлечению больших масс грунта и снимает жесткие требования к укреплению пещер на случай сдвига почв. Для построения спомов можно использовать практически все астероиды, за исключением разве что самых крупных. Пожалуй, трудновато будет работать с никелево-железными астероидами, да и содержащиеся в их составе материалы вряд ли годятся на что-либо, кроме производства металлов, но, судя по соотношению металлических и каменных метеоритов, можно рассчитывать, что первых окажется менее 10 процентов.

Не стоит думать, что астероиды слишком малы, чтобы в них можно было создать полноценную биосферу. Несколько лет назад я написал рассказ о таком обитаемом астероиде. В этом рассказе землянин, будучи на астероиде в гостях, выразил удивление, где же местные жители ухитряются выращивать табак. Сопровождающий ответил ему на это так: «Мы не крошечный мир, доктор Ламорак. Просто вы судите о нас в двухмерных стандартах. Площадь поверхности Элсвера составляет лишь три четверти от занимаемой

Нью-Йорком территории, но это ничего не значит. Не забывайте, что при желании мы можем занять всю внутреннюю часть Элсвера. Сфера радиусом пятьдесят миль имеет объем, превышающий полмиллиона кубических миль. Если разбить весь объем Элсвера на уровни с расстоянием в пятьдесят футов один от другого, общая площадь поверхности планетоида составит пятьдесят шесть миллионов квадратных миль, что равняется общей площади поверхности Земли. Причем у нас не будет ни одного непродуктивного клочка, доктор»[11].

В том рассказе я намеренно упустил, чтобы без помех сосредоточиться на социологической составляющей, одну важную проблему, которая должна неизбежно возникнуть на астероидном споме. Астероид, описанный в рассказе, я снабдил неким «искусственным гравитационным полем», поскольку реальное гравитационное поле астероида практически ничтожно.

В жизни же, в отличие от фантастики, искусственное гравитационное поле не создашь нажатием пары клавиш пишущей машинки. Можно решить эту проблему, например, путем

---

[11] notes: ~ _ftn11 ~

[11] Рассказ называется «Штрейкбрехер», цит. по пер. М. Гутова. (*Примеч. пер.*)

придания астероиду постоянного вращательного движения. Эффект центрифуги будет примерно аналогичен эффекту гравитации, только сила будет действовать в противоположном направлении — от центра тела к его поверхности перпендикулярно оси вращения. Сила такого рода искусственной гравитации будет в значительной степени различаться пропорционально расстоянию от оси вращения, и будет заметно наблюдаться кориолисово ускорение. Чем меньше будет размер спома, тем большая угловая скорость потребуется для достижения эффекта центрифуги и тем больше, соответственно, будут различия в разных точках астероида и тем навязчивее — кориолисово ускорение.

Мне кажется, что польза от раскручивания астероида не стоит тех энергозатрат, которых оно потребует, и тех проблем, которые оно принесет. Проще будет принять невесомость за нормальное свойство окружающей среды. Ведь смогли же живые существа переключиться из практической невесомости океана в рабскую зависимость от силы тяжести на Земле? Смогли. Так почему бы теперь им не переключиться обратно?

Конечно, процесс перехода от отсутствия ускорения свободного падения к ускорению в 1g занял

целые эпохи, и тела живых существ, осуществлявших этот переход, постепенно приспосабливались к новым условиям существования под давлением естественного отбора. У человечества явно нет столько времени.

Но прогресс осуществляется не только в области космических технологий. В биологии тоже совершены революционные прорывы. Так что можно надеяться, что к тому моменту, как человек доберется до астероидов, имея при себе достаточно энергии, чтобы построить там спомы, он уже овладеет генетикой настолько, чтобы уверенно проводить направленную тканевую инженерию (см. главу 9). Почему же изменения, призванные приспособить человеческий организм для жизни в условиях невесомости, следует оставлять на волю неторопливого слепого случая, а не на усмотрение человеческого разума?

Специально приспособленный для невесомости организм будет, конечно, отличаться от нашего, но вряд ли так уж сильно. Кости и мышцы станут тоньше, ноги — короче, но не думаю, что дойдет до крайностей. Даже если вес в нашем понимании исчезнет, с инерционной массой все равно надо будет справляться, а она везде одна и та же — что на астероиде, что на Земле.

Мне кажется, что движения жителя невесомости должны быть очень грациозны, как у рыб или птиц, привыкших жить в трех измерениях. Так люди обретут дар полета, не жертвуя при этом полезными руками ради крыльев.

Животных тоже можно подвергнуть подобным изменениям, но необходимости в наличии животных у жителей астероидов не будет (разве что в качестве домашних любимчиков). Растения вполне смогут существовать в условиях невесомости, рыбу можно будет разводить по-прежнему. Выращивания водорослей в сочетании с развитыми химическими технологиями будет вполне достаточно, чтобы обеспечить всех пищей, вкусом и фактурой неотличимой от мяса.

Да, человек, адаптированный к невесомости, никогда уже не сможет побывать на Земле или даже на таком маленьком небесном теле, как Луна, но для него это будет так же естественно, как для нас — отсутствие возможности дышать под водой.

Получается, что в итоге будут существовать два биологических вида людей — для жизни на планетах и для жизни в невесомости. Землю и крупные спомы вроде Марса, Луны, больших спутников Юпитера и т. д. будут населять

«планетные» люди, а астероидные спомы — «космические» люди.

Так, может быть, порогом нового витка эволюции станет не переход из открытого спома к закрытым, а переход от жизни в условиях силы тяжести к жизни в невесомости? Может быть, будущее принадлежит «космическим» людям, обитателям астероидов, а мы, «планетные» жители, — тупик эволюции человека? Они будут двигаться все дальше и дальше, оставляя далеко позади ненужные более планеты, а мы, не в силах следовать за ними, станем с их точки зрения чем-то вроде рыб?

Вот смотрите.

Во-первых, со временем количество «космических» людей значительно превысит наше. Изрытые насквозь астероиды в общей сложности могут предоставить жизненное пространство для гораздо большего количества людей, чем ограниченные внешние оболочки крупных спомов. К тому же размер тела (но не мозга!) «космических» людей будет, видимо, меньше, что позволит им комфортно существовать в меньшем объеме личного пространства.

Во-вторых, разнообразие окружающей среды «космических» людей обеспечит им преимуще-

ство над нами в гибкости. «Планетные» люди будут существовать на одном огромном шаре с небольшими колониями на Марсе, Луне и где-то еще, а «космические» люди будут разделены между тысячами различных миров.

Сложится такая же ситуация, как при сравнении древних греков с римлянами. Римляне достигли потрясающих успехов в юриспруденции и управлении страной, в архитектуре и технике, в военном деле. Но, несмотря ни на что, римская цивилизация всегда оставалась тяжелой и неповоротливой — вся она представляла из себя один большой Рим.

А вот греки, с другой стороны, могут похвастаться лишь куда более скромными материальными достижениями, но в их культуре была искра жизни, которая и сейчас, 2500 лет спустя, воодушевляет нас. История не знает больше столь живых культур, и причиной тому факт, что, собственно, никакой единой Греции никогда не существовало — вместо нее имелась тысяча греческих городов-государств, у каждого из которых имелось собственное правительство, собственные традиции, собственное представление о том, как надо жить, любить, молиться и умирать. В ретроспективе выдающаяся яркость Афин

несколько затмевает достоинства других городов, но каждый из них вносил свой достойный вклад в общую цивилизацию.

«Космические» люди смогут стать новой греческой культурой. Тысяча миров, объединенных общей историей, развивающихся и интерпретирующих эту историю каждый по-своему! Разнообразие жизни в мирах невесомости несравнимо превзойдет все, что будет иметься на определенный момент на Земле, где в то же время будет продолжаться противоположный процесс всеобщей унификации ввиду технологического прогресса.

И третий, самый важный, на мой взгляд, момент проще всего объяснить через космические корабли.

В свете вышесказанного ясно, что космический корабль нельзя считать спомом в полном смысле слова, поскольку спом — это система, способная поддерживать человеческое существование бесконечно. Скорее его можно назвать «спомообразной» системой, то есть способной временно выполнять функции спома.

Спомообразные системы уже неплохо зарекомендовали себя в ряде случаев, и на момент написания этой главы уже есть сведения, что два

человека вполне нормально прожили в одной из таких систем две недели.

Очевидно, что человеку захочется исследовать Солнечную систему с помощью спомообразных кораблей еще до основания первых внеземных спомов и даже в том случае, если окажется, что основание внеземных спомов — нереальная задача. Шаг за шагом человек может добраться даже до Плутона (см. главу 30).

Но тут нам придется остановиться. Дальше Плутона — только звезды, а расстояния до них столь велики, что с помощью технологий, разработанных для Солнечной системы, их никак не преодолеть.

Добраться даже до ближайших звезд можно только тремя способами:

1) просто слетав туда и обратно, потратив в пути от срока жизни одного поколения до века и более;

2) разогнавшись до околосветовой скорости и добившись таким образом эффекта растяжения времени (см. главу 18), чтобы для самих космонавтов полет занял не более нескольких месяцев или лет, при этом по возвращении путешественники обнаружат, что на Земле прошло от срока жизни одного поколения до века и более;

3) заморозив тела космонавтов на время полета, с тем же эффектом, что и в п. 2.

Ни один из вариантов не радует. Космонавтам придется либо подвергнуться риску долгосрочного глубокого замораживания, либо затратить массу энергии на достижение очень высоких скоростей. Вполне может оказаться, что безвредного замораживания на десятки лет не бывает, а на разгон до околосветовой скорости потребуется больше энергии, чем может вообще иметься на корабле. Если же будет выбран вариант 1, как самый простой, то не только сам космонавт вынужден будет провести в корабле большую часть жизни, но и, возможно, его дети и внуки, которым еще суждено будет явиться на свет в том же корабле.

Для тех, кто остается на Земле, выбора нет никакого. Отправляющийся к далекой звезде космический корабль ближайшие сто лет не вернется. Сами космонавты могут обмануть время с помощью криохранилища или физических эффектов и вернуться домой почти такими же, как улетали, но никакие эффекты не в силах сократить срок ожидания для остающихся дома. Никто из провожавших корабль не сможет прийти его встречать.

При таких обстоятельствах энтузиазма насчет межзвездных путешествий не будет ни у участников, ни у широкой публики. Может быть, несколько таких экспедиций и будет отправлено волевым решением, но земляне, навсегда потеряв их из вида, вскоре утратят интерес и навсегда забудут про своих героев.

Но давайте представим себе условия, при которых столь дальние путешествия все же могут быть популярными.

Чем дольше длится путешествие в пределах Солнечной системы, тем более спомообразным должен быть предназначенный для этого корабль. К тому времени, как будут достигнуты самые отдаленные ее планеты, космические полеты будут длиться уже годами, так что корабли, где экипажи смогут проводить годы, будут уже иметь некоторую систему принудительного круговорота химических элементов, которую останется только несколько доработать.

Межзвездный корабль — это не только спом, это закрытый сном, причем чрезвычайно замкнутый.

При наборе экипажа на такой корабль придется предлагать людям перебраться из открытого спома в столь сильно закрытый, что можно и не

набрать команду.

Да, я действительно на протяжении всей главы говорил о переселении в спомы — но постепенно! Перемены, ожидающие переселенцев с открытого спома Земли в закрытый спом Луны, во многом не особенно резки. Им остается возможность общения с Землей, они смогут видеть Землю в небе, пусть и на расположенных в пещерах телеэкранах, да и вернуться смогут, при желании, в любое время.

И именно лунные поселенцы, уже привыкшие к некоторым отличиям закрытого спома, отправятся колонизировать Марс и Ганимед. А уже эти далекие поселенцы, не столь привязанные к Земле хотя бы потому, что она давно уже не висит у них над головой в виде огромного шара, предпримут следующий шаг и переселятся на астероиды, переродившись в «космических» людей.

Очень долго обитатели спомов будут избавляться от тоски по голубому небу, открытому воздуху, океанским просторам и прекрасному миру с горами, реками и животными.

Но даже лунному или марсианскому поселенцу станет не по себе в космическом корабле, где будет отсутствовать сила тяжести, если его не закрутить вокруг своей оси — а недостатки этого

решения я уже перечислил.

Нет. Подходящую команду для межзвездного корабля можно набрать только из «космических» людей — их даже набирать не надо будет, ведь сам астероид, по сути, и есть космический корабль. Двигаясь хоть от примитивного космического корабля, хоть от огромной планеты Земля, мы приходим к одному и тому же: астероидный спом = межзвездный корабль.

Вот в таком случае межзвездное путешествие будет предпринято без каких-либо проблем. Если поставить на астероид ракетные двигатели, которые позволят ему произвольно менять курс, и направить его прочь от Солнца (скорость, необходимая для того, чтобы вырваться из гравитационного поля светила, в районе пояса астероидов гораздо ниже, чем в районе Земли), заметят ли обитатели спома какую-нибудь разницу?

Они и раньше жили в условиях невесомости в закрытом споме, и теперь живут в таких же условиях; им не придется покидать свой дом — они способны взять его с собой. Какая разница, сколько времени займет путь к звездам? Сколько поколений успеет смениться? Образ жизни обитателей корабля не изменится.

Да, они покинут Солнце, но что им с того?

Обитатели астероида не зависят от Солнца ни в чем. Облачившись в скафандр, каждый из них может выйти на поверхность и увидеть в небе тускло светящийся шар — и не более того. Можно, конечно, вместо этого зрелища тосковать по «Солнцу дома моего», но это же будет целиком и полностью надуманная ностальгия, как порой нынешние горожане печально задумываются о деревенской идиллии.

Покинувший свою прежнюю орбиту и устремившийся в межзвездное путешествие астероид осуществит третий, и последний, этап в истории «отлучения» живых существ. Как младенца отлучают от груди, так когда-то жизнь была отлучена от океана. Затем, с основанием внеземных спомов, живые существа будут отлучены от родной планеты. И наконец, повзрослев окончательно, отлучены они будут и от родной звездной системы.

Но зачем самим астероидам это надо — становиться межзвездными кораблями? Что они выиграют в этом случае? Они получат целый ряд преимуществ.

Во-первых — удовлетворение любопытства, присущей человеку жажды знаний. Как отказаться от возможности узнать, что представляет

из себя Вселенная? Что находится там, вдалеке?

Во-вторых — удовлетворение стремления к свободе. Зачем бесконечно кружить вокруг Солнца, если можно стать независимой частью Вселенной, не привязанной ни к одной звезде?

В-третьих — получение новых практических знаний, ведь наверняка в ходе такого рода путешествия удастся обрести много новой информации, с помощью которой можно будет сделать спомы более удобными и безопасными.

Не стоит считать межзвездный перелет скучным и однообразным занятием. Да, действительно, добираться до других звезд можно сотнями и даже тысячами лет, и пройдет много поколений, прежде чем удастся приблизиться хотя бы к одной из них, но разве это значит, что по пути вообще не на что будет посмотреть?

Сложно сейчас угадать, какие явления попадутся кораблю по дороге и какими красотами природы выпадет восхищаться жителям астероида. Наверняка можно сказать лишь одно — Вселенная населена плотнее, чем кажется сейчас.

Мы видим звезды, потому что они очень уж ярко светят, но малых звезд гораздо больше, чем крупных, а тусклых — больше, чем ярких. На-

верняка большинство небесных тел составляют слишком маленькие и тускло светящиеся, чтобы их можно было разглядеть издалека.

Может быть, не пройдет ни одного поколения без того, чтобы в поле зрения не появилось загадочное небесное тело, которое можно, специально остановившись, изучить повнимательнее. Если это будет большое тело, то приземляться на него, конечно, не стоит, но можно пролететь поблизости, лечь на орбиту вокруг него и как следует рассмотреть. Если же тело достаточно мало, чтобы его гравитацией можно было пренебречь, то можно будет даже покопаться в нем, поискать полезные ископаемые, поскольку в любом споме, сколь эффективны ни были бы его системы возобновления ресурсов, всегда чего-нибудь не хватает.

Когда же, наконец, впереди покажется звезда с подсвеченными ею планетами, наблюдения станут особенно интересными. В звездной системе можно найти и открытые спомы, планеты земного типа, возможно, даже населенные, и возможно, даже разумными существами.

Вот это будет действительно редкая награда! Счастливо окажется то поколение, на век которого она выпадет!

Медленно, молча будут пролетать они над невыносимо прекрасными видами планеты — а местные жители будут потом долго рассказывать басни о летающих тарелках. (Нет! Я ни в коем случае не считаю всерьез летающие тарелки кораблями с пришельцами — см. главу 24.)

Наличие рядом звезды даст обитателям корабля шанс пополнить горючее. Я склонен считать, что необходимый для реакторов слияния дейтерий можно собирать и прямо в космосе по мере движения корабля, но там он все-таки слишком разрежен. В пределах звездной системы концентрация дейтерия должна возрасти. Так что близость к звезде станет возможностью не только увидеть небывалое зрелище, но и запастись дейтерием, которого хватит еще на миллион с лишним лет.

Если возле какой-нибудь звезды обнаружится пояс астероидов, то можно будет совершить в прямом смысле слова высадку. Корабль ляжет на подходящую орбиту, а его обитатели начнут превращать в спомы местные астероиды. Колония начнет делиться и заселять один астероид за другим, пока, возможно, не заселит их все. Тогда в полет смогут отправиться уже много новых межзвездных кораблей, а старый, потрепанный

веками, можно будет и оставить на орбите — это будет, кстати, куда более тяжелое расставание, чем когда-то с Землей и Солнцем.

Наверное, такие события вызовут чередование поколений — за рядом «кочевых поколений», на протяжении которых корабль будет медленно продвигаться по космическим просторам, а численность населения надо будет строго контролировать, при встрече пояса астероидов последует несколько «оседлых поколений», когда долгое время колония не тронется с места, размножаясь и заселяя новые территории.

По завершении каждого оседлого этапа межзвездных кораблей будет становиться все больше. Через сотни тысяч лет Вселенная будет кишмя кишеть космическими кораблями.

Неизбежно начнутся встречи двух спомов в космосе.

На мой взгляд, эти встречи должны будут стать несравненно важным ритуалом. Это будет не кратковременное «привет-пока», ни в коем случае! Обнаружив друг друга с далекого расстояния, два спома приготовятся к долгому совместному дрейфу.

На каждом из них приготовят для ознакомления свои записи, описания пройденных секторов

космоса, где никогда еще не пролетал второй корабль. Будут оглашаться новые теории и новаторские интерпретации старых. Пройдет обмен произведениями литературы и искусства, причины всех культурных различий найдут свое объяснение.

А самой важной составляющей контакта будет возможность скрещивания генов. Неизбежным следствием каждой встречи станет частичный взаимный обмен населением — на время или навсегда.

Но может оказаться и так, что скрещивание генов станет уже невозможным. В условиях долгой изоляции биологическая совместимость различных популяций может сойти на нет. Впрочем, спомы наверняка пробудят вместе достаточное время, чтобы понять, бесплодны ли смешанные браки между ними или нет. Если и окажется, что бесплодны, — что ж, придется удовольствоваться интеллектуальным обменом.

В конце концов космос будет полон бесчисленным множеством видов разумных существ, происходящих от «космических» людей, считающих своим домом всю Вселенную (именно так и сложилось слово «спом», от английских слов «space» и «home» — «космос» и «дом»), — потом-

ков жителей планеты, которая, возможно, к тому времени уже сама перестанет быть обитаемой.

Может случиться и так, что homo sapiens окажется не единственным видом живых существ, кто совершит переход к космическому существованию. Не исключено, что все разумные существа рано или поздно встают перед выбором — покорить космос или медленно доживать свое на родной планете.

Так что возможно, на просторах Вселенной множество братьев по разуму ждут, когда же к ним присоединится человек. И когда это случится, мы окажемся в окружении не только тех существ, с которыми роднит нас происхождение, но и тех, с которыми нас сближает наличие в нас жизни и искры разума.

Так станет ли смена среды обитания тем шагом, который даст нам возможность по-настоящему освоить космическое пространство? Или я не прав и тщетно мечтаю о несбыточном? Может быть, представление о событии, которое действительно выведет человечество на новый уровень, для меня недоступно, как для рыбы — запах розы, а для шимпанзе — симфония Бетховена?

Но я очень старался!

Часть третья
О НАУЧНОЙ ФАНТАСТИКЕ

Глава 32
БЕГСТВО В РЕАЛЬНОСТЬ

Изо всех видов литературы научная фантастика — самый молодой. Это литературный ответ на проблемы исключительно наших дней.

Литература обычного рода практически не привязана ко времени. В ней речь идет о метаниях души и разума человека и взаимоотношениях между людьми. И можно предположить, что, пока биохимия и психология человека остаются неизменны, талантливые исследования их природы будут сохранять важность и для будущих поколений. Ведь ни Гомер, ни Шекспир не утратили своей ценности для нас. Так что про основной пласт литературы я говорить не буду.

В более привязанной к конкретному времени области жанровой литературы писатель черпает вдохновение в более или менее стилизованном мире прошлого или будущего. Роман, приключенческая повесть, мистический рассказ — действие в них всегда происходит на знакомом читателю современном фоне. Действие исторического романа или вестерна происходит на фоне про-

шлого, чуть хуже знакомого читателю, но все же известного ему.

Во всех этих случаях действие происходит на «настоящем» фоне. Он не привлекает большого внимания, поскольку имеет мало значения для сюжета, выполняя лишь роль декораций человеческой драмы. Фон обстановки важен для такого произведения не более, чем для театрального спектакля — раскрашенный задник или правильно установленное на сцене кресло, до которого актер может уверенно добраться за установленное режиссером число шагов.

Разительный контраст всему вышеперечисленному представляет собой совершенно новый литературный жанр, в котором обстановка действия имеет к реальности так же мало отношения, как и сами персонажи. Иногда — еще меньше. Читатель настолько привык к тому, что обстановка художественного произведения привычна и обыденна, а выдуманными могут быть только персонажи и их действия, что в литературе последнего рода отмечается тенденция вообще уделять основное внимание именно обстановке, а не героям. Именно это коренным образом отличает литературу нового жанра от любой другой.

Существует три типа литературы с выдуман-

ным местом действия. В порядке возникновения можно перечислить их так: 1 — фэнтези, 2 — социальная сатира, 3 — научная фантастика.

Жанр фэнтези существует, наверное, столько же времени, сколько и сама речь. В первобытном мире, когда свойства как природы, так и человеческого сознания были еще не изучены и по большей части вообще неизвестны, попытки человека как-то объяснить их приводили только к творчеству в жанре фэнтези.

Увидев во сне умершего, люди придумали призраков и привидений. Разрушительное действие бурь и засух наталкивало их на мысли о существовании злых духов. Плохо известные факты трактовались как чудеса, и носороги превращались в массовом сознании в единорогов, морские коровы — в русалок, а черепа доисторических слонов на Сицилии — в останки одноглазых великанов-людоедов.

Можно ли полностью отнести древние мифы к жанру фэнтези? Можно ли сказать, что для того, кто твердо верит в существование привидений, история о призраках — это рассказ из области фэнтези? Ведь обстоятельства, которые мы считаем полностью выдуманными, наши предки всерьез воспринимали как реальные. Так что

можно сказать, что до наступления нашего рационального века фэнтези представляла собой лишь один из обычных жанров литературы, где действие происходит на реальном, знакомом фоне.

Да, обстановка современных произведений жанра фэнтези не имеет никакого отношения к реальности, и сейчас читатель это прекрасно понимает. Но фэнтези нового времени все же черпает свое вдохновение в прошлом. Персонажами сюжетов по-прежнему предстают привидения и вампиры, герои вовсю используют магию и борются с кознями ведьм и демонов. Наибольший успех подобные истории имеют в том случае, если написаны легким языком, исключительно как развлекательное чтение. Страха они больше не вызывают.

Социальная сатира — жанр во всех отношениях более сложный, чем фэнтези. Если фэнтези — это народное творчество универсального типа, то социальная сатира — продукт мощного ума, не имеющего возможности выразиться иначе в обществе, не приемлющем критики.

Древнейшие формы социальной сатиры — это басни про зверей, вроде знаменитого творчества Эзопа. В таких баснях говорящие звери, наде-

ленные некоторыми свойствами людей, своими поступками демонстрируют присущие человеку глупости и проступки. Слушая их, аудитория смеется и одобрительно качает головой, наслаждаясь своим превосходством над глупыми и нехорошими зверями.

И лишь чуть позже слушатель осознает, что в только что выслушанной басне есть смысл, применимый и к реальным обстоятельствам. Но поскольку он уже согласился с моралью, перст которой указует не на слушателя, а на зверя, спорить с услышанным уже гораздо сложнее.

И библейские метафоры, и анекдоты Линкольна — все они рассчитаны на косвенное указание важных вещей, а значит — на более глубокое воздействие.

Социальная сатира эволюционировала от анекдота до научного трактата. Самым известным примером последнего является «Утопия» сэра Томаса Мора. В этой книге речь идет об обществе, существующем на вымышленном острове. Слово «утопия» в переводе с греческого означает «нигде». Томас Мор использовал свое вымышленное общество в качестве кнута, со всех сил ударив им по спине общества реального. Автор восхваляет Утопию именно за те сильные стороны

вымышленного общества, которых так не хватало обществу, в котором жил сам Мор. Читатель не может не согласиться с Мором, что описываемое им общество идеально, а позже в нем начинает нагнетаться недовольство собственным обществом за то, что оно так не похоже на Утопию.

«Путешествия Гулливера» Джонатана Свифта представляют собой пример работы и в том и в другом направлении. Лилипуты первой книги и лапутяне третьей высмеиваются автором за доведенную до крайней степени глупость, присущую и современному Свифту обществу. А великанов второй книги и гуингмов четвертой автор восхваляет за добродетели, которых современному обществу, на его взгляд, не хватало.

Социальную сатиру можно спутать с научной фантастикой, основываясь лишь на том, что и там и там рисуется не существующее в реальности общество. Впасть в подобное заблуждение тем легче, что сатирики время от времени приводят при описании своих выдуманных обществ и научные достижения, превосходящие все имеющееся в реальности. Например, Мор в «Утопии» описывает инкубаторы, в которых выращиваются цыплята, а Свифт в третьей книге «Путешествий Гулливера» — открытие двух

вымышленных марсианских лун (которое позже было совершено и в реальности, причем с поразительным совпадением в подробностях!).

Тем не менее важно понимать, что авторов социальных сатир в первую очередь интересуют не выдуманные ими общества, как таковые. Главное, о чем думают авторы подобных произведений, — это о своем собственном обществе, и воображаемые миры рисуют только в назидательных целях, указывая собственному обществу, каким надо быть, а каким — не надо.

В течение последнего века авторы социальных сатир заметно увеличили внимание к научным достижениям. Так возникли, к примеру, «Взгляд в прошлое» Эдуарда Беллами, «О дивный новый мир» Олдоса Хаксли или «1984» Джорджа Оруэлла.

Такие произведения неизбежно будут относить к жанру научной фантастики, но по сути они таковыми не являются. Авторы их преследуют исключительно назидательные цели. Беллами восхваляет свое придуманное общество, а Хаксли и Оруэлл — порицают, и все это — с целью добиться неких перемен в собственном обществе, в тех областях, где эти перемены, с точки зрения авторов, необходимы.

Несмотря на все наукообразие, эти произведения остаются социальной сатирой.

Что же тогда такое научная фантастика?

Как и фэнтези или социальная сатира, научная фантастика рисует читателю картины миров, в реальности не существующих. Однако, в отличие от миров фэнтези, обстоятельства, окружающие героев научно-фантастических произведений, все же имеют нечто общее с действительностью — они представляют собой более или менее вероятную экстраполяцию настоящих фактов и гипотез. А в отличие от социальной сатиры небывалые миры интересуют здесь писателя сами по себе, а не в целях назидания читателю.

Научную фантастику можно определить, таким образом, как литературный жанр, возникший в качестве закономерной реакции творческой части человечества на научно-технический прогресс.

Реальные научно-технические перемены, происходящие достаточно быстро и в достаточно большом масштабе, чтобы оказывать влияние на среднего человека в течение его жизни, — это явление, наблюдающееся только после Индустриальной революции (за некоторыми небольшими исключениями). То есть в Англии и Нидерлан-

дах оно наблюдается с 1750 года, в Соединенных Штатах и Западной Европе — с 1850-го, а во всем остальном мире — с 1920-го.

Самым первым известным писателем, в полной мере отреагировавшим на этот новый фактор человеческого существования, стал Жюль Верн. В англоязычной литературе это знамя подхватил Герберт Уэллс. Эти двое заложили основу практически любой темы, которые разрабатывают фантасты всего мира с тех пор.

Отдельный рынок научной фантастики сложился лишь в 1926 году, когда Хьюго Гернсбэк опубликовал первый выпуск «Невероятных историй». К 1930 году выпускалось уже три других научно-фантастических журнала.

Со временем у молодых людей появилась возможность сделать целую карьеру исключительно на поприще написания научной фантастики, но лишь через десять лет в этом жанре появилось достаточно писателей, чтобы можно было говорить о его зрелости.

Период зрелости жанра научной фантастики принято отсчитывать от того момента, когда Джон Кэмпбелл-младший занял пост редактора «Поразительных историй» (Astounding Stories), которые тут же переименовал в «Поразительную

научную фантастику» (Astounding Science Fiction). Это произошло 6 октября 1937 года.

Представления Кэмпбелла о фантастике полностью совпадают с теми, что я описал выше. Он сместил акцент фантастики с приключений в новых мирах и приключений с использованием новой техники (что можно считать теми же вестернами с заменой коней на космические корабли, а револьверов — на лазерные пистолеты) на зрелые рассуждения о возможных устройствах общества в будущем.

После взрыва атомной бомбы широкую публику задним умом осенило, что будущее, описываемое в научно-фантастических произведениях, не так уж и нереально. Многие из тех, кто считал фантастические рассказы об атомной войне (которые уже в 1941 году публиковали с указанием точнейших подробностей) чушью и выдумкой, быстро пересмотрели свою точку зрения. Аудитория фантастических произведений резко выросла. Массовые журналы стали тоже время от времени публиковать фантастику. Издательства (в первую очередь — Doubleday amp; Co) взялись за выпуск научно-фантастических серий. Появился еще целый ряд специализированных журналов.

К 1950 году появились уже The Magazine of

Fantasy and Science Fiction и Galaxy Science Fiction, и они, вместе с «Поразительными историями», которые в очередной раз переименовались, теперь уже в Analog Science Fact — Science Fiction, сейчас составляют «большую тройку лидеров» в своей области.

Редакционная политика изданий «большой тройки» представляет собой интересный контраст. Все эти издания публикуют научную фантастику, но при этом «Analog…» уделяет больше всего внимания чистоте жанра в том смысле, какой описан выше. «Fantasy and Science Fiction», как и следует из названия, значительную часть своих сил отдает современной фэнтези, а «Galaxy…» — социальной сатире. Таким образом, полноценно представленными оказываются все три жанра «литературы вымышленных миров».

Многие, в том числе и некоторые из читателей научной фантастики, не придают ей серьезного значения, считая лишь развлекательным чтивом.

На самом деле недооценивать эту область литературы нельзя.

Частично причина недооценки кроется в том, что лучше всего научная фантастика знакома широкому читателю в виде комиксов про Флэша

Гордона и Супермена и голливудской продукции про различного рода монстров[12].

Ни комиксы, ни голливудские ужастики не являются научно-фантастическими произведениями в полном смысле слова. В этом и кроется причина непонимания. Скорее и то и другое представляет собой очень древний жанр — приключения в стиле фэнтези, под тонким слоем наукообразной мишуры. Теперь не Зигфрид убивает дракона, а Флэш Гордон — столь же сказочного монстра, а в остальном — никаких изменений в сюжете не наблюдается. Химера, опустошающая страну и гибнущая от руки сидящего на крылатом коне Пегасе Беллерофонта, ничем не отличается от чудовища, поднявшегося из глубин черной лагуны и гибнущего от руки сидящего в кабине самолета киногероя.

Настоящую научную фантастику для взрослых искать надо в журналах и книжках с мягкой обложкой (очень редко — с твердой обложкой).

---

[12] notes: ~ _ftn12 ~

[12] С момента первоначального написания этой главы и в кино, и на телевидении произошли положительные сдвиги. Только что вышел фильм «Фантастическое путешествие» про воображаемую поездку по кровотоку человека на корабле, уменьшенном до размера бактерии. При всей экономии на спецэффектах этот фильм производит зрелое и разумное впечатление. А в телесезоне 1966 года появилась передача «Звездный переход», где научная фантастика встречает вполне серьезный подход.

Но и там не все произведения «хороши». Хотя с чего бы это стоило ожидать, что все научно-фантастические произведения должны быть хороши или даже большинство из них? Один из лучших авторов этого жанра сказал как-то раз на встрече с читателями: «Девять десятых научно-фантастических произведений — полная чушь». Слушатели раскрыли рот в изумлении, а писатель мрачно добавил: «Вообще, девять десятых всего на свете — полная чушь…»

Однако посреди чуши есть и произведения, написанные хорошим языком, интересные и захватывающие, но главное — побуждающие думать в таком направлении, в каком это не делает литература ни одного другого жанра. В них можно найти описания странных обществ, непохожих на наше — ориентированных исключительно на рекламу, или скрывающихся в подземных городах, или стоящих лицом к лицу с представителями иных разумных форм жизни, или борющихся с проблемами истощения ресурсов и перенаселения, или вовсю пользующихся телепатией.

Важно ли это? Разумеется, да. Хорошая научная фантастика хорошо развлекает, но кроме этого она выполняет и еще одну задачу — она пытается

заставить задуматься о будущем.

Мы впервые за всю историю живем в обществе, в котором задумываться о будущем необходимо. До 1750 года рядовой обыватель жил в уверенности, что до самого Страшного суда люди будут жить так же, как и сейчас, меняться будут лишь сами актеры человеческой драмы.

Однако после 1750 года все больше и больше людей стали понимать, что общество претерпевает значительные и непредсказуемые изменения, которые со временем будут становиться все сильнее, что то, что было хорошо для отца, для сына будет уже недостаточно хорошо (или, возможно, наоборот — слишком хорошо), что мир никогда уже не будет прежним.

После 1945 года человечество осознало, что даже само его существование в дальнейшем не гарантировано. Возникли подозрения, что Судный день может оказаться не так уж и далек.

В основе научной фантастики лежит факт перемен в обществе. Фантастика принимает и обыгрывает эти перемены. Она примеряет на общество различные варианты перемен и пытается определить, к каким последствиям приведет тот или иной выбор. Затем в виде художественного произведения фантастика представляет свои вы-

воды широкому читателю, которого надо успеть ознакомить со множеством возможных вариантов будущего, пока оно не наступило.

Мне всегда смешно слышать, как научную фантастику называют «литературой эскапизма», да еще в самой крайней форме. Ведь она увлекает читателя не в ситуации, «которых нет», как обычная художественная литература, и не в ситуации, «которых не было», как фэнтези, а в ситуации, «которые могут быть». Странно считать бегством от реальности литературу, которая предостерегает читателя против опасностей атомных бомбардировок, перенаселения планеты, бактериологической войны и рассказывает ему о путешествиях на Луну и других похожих вещах за десятилетия до того, как ими заинтересуется весь остальной мир (а хорошо бы, он заинтересовался пораньше!).

Нет, если научная фантастика и представляет собой бегство, то это не бегство от реальности, а бегство в реальность!

Сами писатели-фантасты не всегда четко понимают, что делают. Многие из них со всей искренностью могут заверять, что они — лишь ремесленники, пытающиеся честно заработать свой доллар. Однако для меня они — это глаза

человечества, впервые в истории обратившиеся в волнующий и опасный мир будущего.

Глава 33
КУЛЬТ НЕВЕЖЕСТВА

25 июня 1956 года, наблюдая по телевизору передачу «Саквояж продюсера», я увидел великолепный пример конфликта между потребностью в знаниях и культом невежества.

Потребность в знаниях явилась нам с первых же секунд рекламы перед показом. Спонсор программы испытывал необходимость в ракетных инженерах и объявлял о вакансиях для них на своем заводе во Флориде. В объявлении описывался райский климат, пляжи, превосходные условия работы, дешевое качественное жилье, щедрая заработная плата, быстрый карьерный рост, хорошая страховка. Не требовалось даже опыта работы. Мне даже самому захотелось все бросить и рвануть до ближайшего аэропорта, чтобы купить там билет во Флориду.

Однако я преодолел этот порыв и, поразмышляв некоторое время о нехватке квалифицированного технического персонала, порожденной быстрыми темпами развития нашей цивилизации, приготовился наслаждаться последующим

шоу. По программе ожидался вариант пьесы «С днем рождения!» от Аниты Лус с Бетти Филд и Берри Нельсоном в главных ролях. Мне понравилось, постановка была великолепна, но при этом я обратил внимание вот на что: получилось, что спонсор, еще мгновение назад на коленях вымаливавший у общества технических специалистов, оплатил показ миллионам телезрителей истории следующего содержания.

Персонаж Берри Нельсона — банковский служащий, проводящий большую часть времени в баре, потому что там, по его собственным словам, знакомятся с девушками. Единственной обстановкой спектакля является сам бар, а персонажи все, как на подбор, представляют собой живописную группу отбросов общества с сердцами из потускневшего золота. По ходу пьесы Берри Нельсон, общаясь с библиотекаршей, заявляет, что книг не читает, хотя тут же оговаривается, что когда-то читал. Далее он рассказывает, что отец когда-то выдал ему какую-то сумму денег за то, чтобы он выучил по порядку все библейские стихи, и в доказательство начинает тараторить текст, поясняя по ходу, что в молодости он мог делать это еще быстрее.

Великолепно. Теперь вся телезрительская ауди-

тория видит, что представляет из себя учение книжным премудростям, и прекрасно понимает, что это абсолютно бессмысленное занятие и что Берри совершенно верно сделал, что променял книги на бары.

С другой стороны, Бетти Филд — библиотекарша, то есть девушка образованная, поскольку постоянно упоминает о том, что она книги читала. Она застенчива, на лице ее — печать несчастья, и, разумеется, мужским вниманием она не избалована. По ходу пьесы она, нарушив обет трезвости, пьет одну рюмку, потом другую, потом третью. При этом, погружаясь в бездну алкоголизма, она понемногу избавляется от подавленности, слой за слоем избавляясь от ярма интеллигентности. В результате завсегдатаи бара, сначала отнесшиеся к ней подозрительно, возводят ее в ранг героини; отец-алкоголик, когда-то бивший ее смертным боем, прижимает теперь к сердцу; и самое главное, ранее не замечавший скромную девушку банковский служащий безумно в нее влюбляется.

Повторяю — я лично получил от просмотра всего этого массу удовольствия. Но когда первое впечатление схлынуло, стало ясно, что вся пьеса — дань великому американскому стереотипу,

который я назвал бы культом невежества. Согласно этому стереотипу, счастье можно обрести лишь в невежестве; учеба же — скучное занятие, погрязнув в котором рискуешь упустить все радости жизни.

Нет ли тут некоей связи с тем фактом, что спонсор не в состоянии набрать себе технических специалистов?

Да, нам нужны технически грамотные люди. Обществу они просто необходимы, иначе оно рухнет, раздавленное тяжестью собственных машин. Но что мы делаем для того, чтобы их получить?

Достаточно ли того, что промышленность всеми силами завлекает к себе ракетных инженеров? В результате инженеры мигрируют из одной специализации в другую, но общее количество их остается слишком малым. Если обществу удастся, разбогатев, сманить специалистов из другого общества, то такая схема еще сработает, но если нет — то ничего не получится.

Проблему нехватки научных и технических специалистов предлагают решить различными способами. Одни говорят, что надо больше платить преподавателям, что одаренным студентам надо выплачивать стипендии, что специалисты, работающие в промышленности, — химики и

инженеры — должны уделять какой-то определенный минимум времени преподаванию и т. д. Все эти меры, конечно, очень важны, но достаточно ли их? Даже если удастся каким-то образом получить идеальное собрание преподавателей — кого они будут обучать? Группу молодых людей, большинство которых с детства усвоили, что образованные люди значит ограниченные люди и что нет ничего ценнее естественного невежества.

Вспомните об укоренившихся в литературе стереотипах «плохого мальчишки». Лучшими примерами можно назвать Тома Сойера и Пенрода Шофилда (но стоит только включить радио или телевизор — и перед вами будет множество современных аналогов). Школа для них — враг, учителя — объект ненависти, книжное обучение — скука и ложь. А кто изображается при этом отрицательными героями? Сиды Сойеры и Джорджи Бассетсы — маленькие подхалимы, которые носят чистые костюмчики, говорят правильно и любят школу. Неприятные получаются персонажи.

Я в жизни своей не украл ни одного яблока из соседского сада или арбуза с чужой бахчи (сложновато было бы мне это сделать посре-

ди Бруклина), но даже я не смог устоять перед мастерством автора, искусно внушающего читателю отвращение к мерзким учительским любимчикам, которые отказываются принимать участие в таких веселых шалостях или им подобных актах подростковой преступности.

Возможно, виной всему историческое прошлое первопроходцев, когда образование воспринималось только как предлог для того, чтобы оторвать мальчика от повседневных обязанностей и засадить за изучение форм спряжения латинских глаголов, к раздражению и без того перегруженного работой отца. Как бы оно ни было, все мы помним то презрение, которое изливали газеты на «бестолковых профессоров», созванных Рузвельтом для вывода страны из депрессии, и никого не удивляет тот факт, что именно благодаря образу «шибко умного» Алдай Стивенсон проиграл выборы 1952 и 1956 годов.

Вы никогда не обращали внимания, для чего кино- и телережиссеры используют такой элемент образа персонаж, как очки? Очки в их продукции представляют собой шаблонный признак развитого интеллекта (видимо, по причине распространенного стереотипа о том, что образованные люди портят себе зрение по причине

пагубного пристрастия к чтению). Как правило, герой или героиня фильма очков не носят. В некоторых случаях, когда герой по профессии архитектор или химик, ему приходится носить очки в доказательство того, что он учился в колледже. Но при этом он срывает их всякий раз, когда надо выступить со страстным монологом, потому что не может же человек в очках выглядеть мужественно. Да, он на секунду надевает их, если надо что-то прочесть, но тут же снимает, выпячивает нижнюю челюсть и принимает более привычный зрителю облик, воплощающий мужество, лишенное всякого педантизма.

Еще более выразительный пример — это голливудское клише, которое уже настолько навязло зрителям в зубах, что даже сами голливудские режиссеры уже не рискуют больше к нему прибегать (звучит невероятно, но это так). Речь идет о том, что стоит взять очаровательнейшую актрису (назовем ее, скажем, Лаура Прекрасная), и она тут же превратится в уродину, стоит лишь надеть на нее очки.

Этот сюжет повторялся уже несчетное количество раз. Героиня Лауры Прекрасной — библиотекарша или учительница (представительницы именно этих профессий, по голливудским стан-

дартам, поголовно являются несчастными старыми девами), и конечно же главным показателем такого положения дел являются огромные очки, по форме напоминающие панцирь черепахи (очки другой формы свидетельствовали бы о меньшей силе интеллекта).

У любого зрителя мужского пола Лаура Прекрасная что в очках, что без очков вызывает одни и те же желания. Только затуманенный взор главного героя отказывается что-либо замечать, пока героиня не снимет очки. Сделать это ей помогает на каком-то этапе развития сюжета добрая и понимающая подруга. Тут же чудесным образом выясняется, что героиня и без очков все прекрасно видит, а герой без памяти в нее влюбляется. Всеобщее счастье, конец фильма.

Неужели можно быть настолько тупым, чтобы не понять, что а) наличие очков никак не влияет на общие внешние данные Лауры и наш герой не мог этого не заметить; и б) если Лаура носила очки по необходимости, то, сняв их, она могла, к примеру, поцеловать не того мужчину просто потому, что не разглядела лица?

Нет, очки в данном случае — не просто очки. Это символ, символ интеллекта. Зрителям внушают две вещи: а) признак глубокой образованности

выдает несчастного человека с несложившейся жизнью и б) формальное образование совершенно не нужно, его можно свести к минимуму, и это ограничение интеллектуального развития даст человеку счастье.

Со стереотипом противопоставления доброго человеческого невежества и сухого, чуждого образования надо бороться, и его надо победить, если мы хотим, чтобы было кого заманивать в технологи и ученые.

Надежду вселяет тот факт, что существует целый жанр популярной литературы, в произведениях которого подразумевается, что ум заслуживает уважения. Это научная фантастика (см. главу 32).

Естественно, научно-фантастический рассказ может быть совершенно фривольным, например, можно придумать историю про человека, который случайно изобрел прибор, позволяющий ему видеть сквозь стены и сквозь одежду. Понятно, что с таким прибором в руках можно здорово повеселиться, но не более того. Научно-фантастическое произведение может иметь даже антинаучную направленность, как целый ряд опубликованных несколько лет назад рассказов о жизни после атомной войны, когда на Земле

остались только разрозненные горстки одичавших людей. Такие рассказы наводят только на одну простую мысль — о том, что ничего подобного не произошло бы, если бы люди не совали свой нос в сложные научные материи, а жили бы себе просто и незатейливо.

Но все же в основе сюжетов значительной части фантастических произведений лежит процесс решения некоей технической проблемы, а главными героями их являются технически образованные люди.

Назову примеры из числа собственных книг. Вот один сюжет: группа ученых отправляется на другую планету, чтобы выяснить, отчего умерли все поселенцы из состава предыдущей экспедиции, хотя, казалось бы, условия на планете идеальны для жизни. Оказывается, что в планетной коре высоко содержание ядовитого бериллия, и поселенцы умерли от отравления.

Или вот еще: ученый-историк пытается получить разрешение администрации на использование государственной машины времени для сбора данных о древнем Карфагене. Получив отказ, он уламывает друга-физика построить ему собственную машину времени — с неожиданным и трагическим результатом.

В первом сюжете рассматривается проблема резкого роста научных данных и неспособности человеческого ума справиться даже с их частью. Во втором — описывается, что может стать с обществом, в котором единственным источником финансирования науки останутся правительственные гранты. Как видите, уровень жанра как такового несколько превосходит уровень низкобюджетных голливудских постановок с монстрами, которые принято именовать «научной фантастикой».

Но не так важен сюжет и его социологическая подоплека, как сам факт того, что, несмотря на то что отдельные ученые могут быть как героями, так и антигероями произведения, наука как таковая и образование как таковое всегда изображаются с симпатией. Научное исследование практически всегда предстает захватывающим процессом; его результат оказывается, как правило, положительным и для героев, и для всего человечества; а сами интеллектуалы-исследователи служат предметом для восхищения и подражания.

Разумеется, писатели добиваются такого эффекта не намеренно. Если бы они стремились к нему специально, то сюжеты отошли бы в их

произведениях на второй план по сравнению с пропагандой, и публиковать такое никто не стал бы, а если бы и стал, то читателей у такой литературы все равно бы не нашлось.

Нет, это происходит почти незаметно. Писатель-фантаст думает в первую очередь о том, чтобы написать хорошее произведение, а во вторую — о том, чтобы заработать на нем денег, но в итоге неизбежно оказывается, что он просто не может не изобразить ум, образованность и научную карьеру в положительном свете. Это неизбежный побочный продукт научной фантастики.

Примечание. Когда эта глава была напечатана впервые, ее восприняли с потрясающим равнодушием. Год спустя после этого Советский Союз запустил первый искусственный спутник Земли, и мы вдруг обнаружили, что участвуем в соревновании с соперником, которого до сих пор очень сильно недооценивали.

Внезапно все вокруг стали бороться с культом невежества, и будем надеяться, что к прежнему состоянию мы уже никогда не вернемся.

Однако я все же хотел бы указать на то, что лучше все-таки увидеть обрыв до того, как с него упадешь.

Глава 34
МЕЧ ДЛЯ АХИЛЛЕСА

Как гласит легенда, около 1200 года до н. э. греки собирали силы для похода на Трою. Оракул предсказал, что толку от похода не будет до тех пор, пока к осаждающим не присоединится юный Ахиллес. Но мать Ахиллеса, нимфа Фетида, переодела сына в женское платье и укрыла его среди придворных дам на острове Скирос. Нимфа знала, что если он отправится на Трою, то погибнет. Как и любую мать, ее не очень устраивала подобная перспектива.

На Скирос прибыла греческая делегация во главе с хитроумным Одиссеем. Обыскивать дам под предлогом поиска среди них мужчины было бы неуместно, так что Одиссею пришлось изобретать окольные пути. И он в этом преуспел.

Одиссей разложил перед дамами красивые одежды и украшения и предложил им выбирать, чем женщины и занялись с превеликим удовольствием.

Среди драгоценностей хитрый грек спрятал меч. И одна из высоких девушек не выдержа-

ла, схватила его и взмахнула с воинственным кликом. Естественно, это и был Ахиллес, и ему пришлось отправиться к стенам Трои навстречу смерти.

Сейчас войны уже не те. И в войнах между людьми, и в войнах со стихией самыми главными бойцами теперь являются творческие ученые.

Творческими учеными и рождаются, и становятся. Да, изначально в них должна быть искра одаренности, но сама по себе она слишком легко угасает. Поэтому перед преподавателями сегодня стоит серьезная задача по разработке методик обучения, которые позволят пестовать в учениках творческий подход.

Обучение творческой деятельности — сама по себе задача весьма творческая. Для ее решения требуются очень хорошие учителя и в высшей степени образные технологии. Широкое распространение такого обучения оказалось бы делом или вообще невозможным, или неоправданно дорогим. Творческий подход в некоторой степени присущ всем людям с рождения (стоит лишь подумать о том, сколько открытий должен совершить ребенок по мере взросления!), но очевидно, что одни одарены им в большей степени, нежели другие. Причем совершенно не обязательно, что

речь идет именно о научном творчестве. Стало быть, для того, чтобы наиболее эффективным образом развить творческий подход в науке, обществу необходимо выработать механизм поиска наилучшего исходного материала — детей с самыми богатыми возможностями — и именно на них сосредоточить усилия.

Но как же выявить потенциального творца-ученого?

Конечно, есть очевидно одаренные дети. Несомненно, что, скажем, Аррениус или Гаусс не могли не совершить великих открытий, даже если бы не получили должного образования. А вот, например, Исаак Ньютон не проявлял особых дарований до шестнадцати лет. С первого взгляда первые проявления творческого мышления можно даже принять за проявления умственной отсталости или криминальных наклонностей — у Томаса Эдисона подозревали и то и другое.

Было много попыток разработать тесты на творческое мышление на основе опытным путем установленных свойств, присущих конкретным людям, уже известным своим творческим подходом. Но такие наборы свойств получались расплывчатыми, неопределенными и крайне противоречивыми — а с ними и результаты

тестов.

Нам нужен тест простой и четкий, как меч для Ахиллеса. Необходимо разработать способ быстро и однозначно отличить потенциального творца от обычного человека. Никто не требует, чтобы с помощью этого теста можно было отобрать всех детей, имеющих искомые способности, — достаточно, чтобы он помог выделить группу, среди членов которой склонность к творческому научному мышлению будет принципиально выше, чем в среднем по населению.

Я бы предложил принять за такой меч для Ахиллеса интерес к хорошей научной фантастике. Это не просто мое пожелание, взятое с потолка. Позвольте мне привести такому предложению рациональное обоснование.

Сам я, помимо прочего, — писатель-фантаст, и я знаю, насколько хорошо продаются мои книги. Одна из них разошлась уже общим тиражом в 400 000 экземпляров, если считать издания в бумажном переплете. Часть из них приобрели библиотеки, где каждый экземпляр прочли, наверное, десятки людей. С другой стороны, многие наверняка купили книжку в мягкой обложке и наскоро пролистали ее по диагонали без особого интереса. Поэтому давайте не будем усложнять

себе жизнь подсчетом погрешностей и предположим просто, что общее количество жителей Соединенных Штатов, интересующихся научной фантастикой, — 400 000 человек.

Я намеренно выбрал, должно быть, завышенную цифру, поскольку мне уже говорили, что мои книги продаются лучше, чем другие, а я выбрал из своих ту, что продается лучше всех. Однако воспользуемся ею и, с учетом того, что население Соединенных Штатов в целом составляет 180 000 000 человек, получим, что фантастикой интересуется в лучшем случае лишь один из 450 американцев.

Однако при этом, как человек, который вот уже четверть века живет и работает в мире академической науки и общается со многими творческими учеными, я могу свидетельствовать, что половина из них в тот или иной период жизни увлекались научной фантастикой. Я говорю здесь не о всех ученых, с которыми я общался, а лишь о тех, чей подход считаю творческим.

На последней конференции по вопросам воспитания творческого подхода к науке, где я присутствовал, в одной частной беседе я уже высказал эти рассуждения, и мой собеседник с жаром возразил, что не 50, а 95 процентов твор-

ческих ученых имеют тот или иной интерес к научной фантастике. Но спишем это на личный энтузиазм и вернемся к моей цифре — 50 процентов, то есть — каждый второй.

Можно ответить на это, что интерес ученых к научной фантастике является лишь следствием их рода деятельности. Мне не кажется, что это так, — мало кто начинает читать фантастику во взрослом возрасте. Как правило, эта склонность обнаруживается у подростков, и скорее все же именно чтение стимулирует интерес к науке, а не наоборот.

Сравним теперь две полученные цифры — мою осторожную оценку в 50 процентов интереса к фантастике у творцов-ученых и завышенную оценку в 1/450 интереса к этому жанру среди населения в целом. Напрашивается вывод, что стоит просто выбрать любителей фантастики среди 10-15-летних, и вероятность наличия людей с творческими научными способностями в выбранной группе возрастет во много раз.

Если эти рассуждения верны, а я уверен, что это так, то как стыдно должно быть тем, кто стремится подавить страсть молодежи к фантастике! Преподаватели английского языка и литературы часто определяют литературу этого жанра как за-

прещенную к чтению и, к примеру, отказываются признавать анализ научно-фантастического произведения за выполненное домашнее задание. Я получаю от своих юных читателей бесчисленное количество писем с жалобами на подобные случаи.

Многие учителя английского языка и литературы сами не проявляют никакого интереса ни к научной фантастике, ни к самой науке. Картины иных миров вызывают у них дискомфорт, от которого они стремятся избавиться простейшим образом — с помощью запрета. К счастью, таких случаев становится все меньше, но я бы предпочел, чтобы их не было вообще.

В научной фантастике, как и в литературе любого другого жанра, есть очень хорошие произведения, а если бы у преподавателей возникли проблемы с тем, чтобы отличить хорошую фантастику от плохой (что простительно ввиду очевидного отсутствия опыта), в этом им мог бы помочь любой смышленый двенадцатилетний ребенок из класса (я не шучу!).

Если бы научная фантастика свободно лежала в школьных библиотеках, то такой «меч для Ахиллеса» сослужил бы нам хорошую службу. Разумеется, всех потенциальных ученых-творцов

таким образом не отобрать; к тому же процент искомых талантов в обществе столь мал, что, наверное, даже в отобранной группе они составят меньшинство. И все же такая группа наверняка окажется богаче талантами, чем среднестатистическая выборка.

И если у кого-то есть предложения получше — пожалуйста!

Примечание. Если кто-то решил по прочтении трех последних глав, что я вижу в научной фантастике исключительно великое и священное явление, то спешу их разочаровать.

Последние три главы книги я посвящаю именно легкому подтруниванию над этой областью литературы.

Но и это свидетельствует лишь о силе моей веры в научную фантастику. Я глубоко убежден, что это достаточно серьезный жанр, чтобы без вреда для себя выдержать немного иронии на свой счет.

Глава 35
КАК НЕ НАДО ДЕЛАТЬ РОБОТА

Так получилось, что меня ни разу не приглашали техническим консультантом ни на одну телепередачу. Телевидение, конечно, от этого много потеряло, но я человек занятой, и мне некогда жалеть телевидение. Пусть мучается.

Но разумеется — в пределах разумного. В сезоне же 1964/65 года, мне кажется, дела зашли слишком далеко. Я имею в виду программу «Моя живая кукла».

Это сериал про робота AF-709, тайно построенного неким робототехником в каком-то космическом центре, после чего сам создатель отбывает в Пакистан и оставляет свое творение на попечение психиатра по имени доктор Макдональд. Доктору важно, чтобы никто не догадался, что робот — это робот.

Добиться этого не так просто. Техник создал свой механизм в человеческом обличье — робота зовут Рода, и он представляет собой огромную женщину.

Разве не кошмар? Я бы мог это предотвратить.

Присущая мне скромность не позволяет во всех подробностях описывать здесь, что я всемирно признанный авторитет по роботам, поэтому я лишь вкратце упомяну этот факт: я всемирно признанный авторитет по роботам.

И если бы меня спросили, я бы ответил: «Нельзя строить робота в виде огромной женщины. Это будет плохой робот».

Самый лучший робот — тот, что сделан из металла с гладко отполированной поверхностью. У него цилиндрическое тело, коническая голова, сильные трубкообразные конечности. Геометрия такого робота несет в себе некое мрачное лязгающее величие, которое мало кто согласится променять на жалкие неправильные формы робота Роды. Мало кто из робототехников, я имею в виду.

В сериале это объясняется тем, что целью создания робота было испытание воздействия космической среды на космонавтов. Следовательно, логичным был и выбор в качестве покрытия пластика, имитирующего человеческую кожу, и придание роботу формы, повторяющей все изгибы человеческого тела. Но нелогичность окончательного решения просто выводит меня из себя — почему было выбрано женское тело,

если все космонавты — мужчины?

Вполне естественно, что механизмы робота занимают много места, поэтому робот должен быть большим. Но если бы ему были приданы черты мужчины, то при том же размере он оставался бы более или менее в пределах нормы, в то время как в женском обличье существо таких размеров не может не привлекать нежелательного внимания.

Даже если в итоге получится девушка выше среднего роста, то все равно в таком корпусе не хватит места для всего необходимого оборудования. В итоге то тут, то там будут выступать какие-нибудь рычаги, опять же привлекая изумленные взгляды.

В итоге продюсерам пришлось выдумывать женщину-великана, хотя достаточно было бы взять мужчину размером несколько больше среднего. Сами себе напридумывали проблем.

Могут ли они объяснить мне или любому другому разумному существу, какие дополнительные возможности дает создание робота в неустойчивой форме женского тела?

Должен сказать, что, когда я сидел в кресле перед телевизором и наблюдал, как робот Рода делает зарядку, у меня возникло сильнейшее

желание изучить ее поближе, чтобы выяснить, насколько же плохо у нее с равновесием. Это желание возникло бы у любого робототехника.

Теперь о ручках управления роботом. Те, кто сам не видел сериала, могут усомниться в моих словах, но поверьте уж — он управляется всего четырьмя кнопками, замаскированными под родинки и расположенными на верхней части спины.

Кнопки не имеют никакой маркировки, и доктор Макдональд, будучи человеком не слишком большого ума (что очень странно для психиатра, ведь они все отличаются высоким интеллектом и крайней чуткостью, по крайней мере, именно так мне рассказывал один знакомый психиатр), так и не смог запомнить, какая из них что делает. Кроме того, все кнопки расположены прямо на поверхности, и их очень легко нажать по случайности — особенно кнопку включения-выключения.

Смешно и думать, что столь сложным роботом, как Рода, можно управлять посредством всего четырех кнопок. Достаточно поглядеть на нее опытным взглядом робототехника, чтобы понять, что она способна отвечать на куда большее число стимулов. И ребенку ясно, что тут не обойтись

без целой кучи кнопок, нескольких дисковых регуляторов и рычажных тумблеров и пары регулировочных винтов. И если принять робота именно в человеческом обличье, то есть только одно место, где можно было бы разместить все это хозяйство — на животе.

Преимущества такого расположения налицо. Во-первых, живот робота всегда обращен к оператору, и соответственно, тот может вводить роботу команды в любой момент. Ему не придется, как доктору Макдональду, поднимать или поворачивать Роду, чтобы добраться до ее спины.

Во-вторых, находясь на спине, с учетом женской моды, кнопки доступны для случайного нажатия, а живот все-таки всегда закрыт несколькими слоями одежды. Поэтому, находясь на животе, кнопки лучше защищены от случайного или несанкционированного нажатия.

Кнопку включения-выключения можно разместить в любом месте живота, но лучше всего для этого подходит пупок.

Мне кажется очень важным тот факт, что живот робота ни разу за весь сериал не оказался обнаженным. На протяжении всей первой части и половины второй Рода расхаживает, лишь обернувшись в простыню, прикрывающую ее от

подмышек до середины бедер. Тренированный взгляд сразу отметит эту подробность.

Зачем роботу прятать живот? Он скрывает там панель управления! В сериале было два момента, один раз в первой серии и один раз — во второй, когда Рода хотела было снять простыню, и оба раза Макдональд приходил в жуткое волнение и останавливал ее.

Это меня страшно разочаровало, поскольку если бы на животе хоть на секунду промелькнул пульт управления, то стало бы ясно, что создатели фильма все-таки прислушались к чьим-то дельным советам и так называемые кнопки на спине робота — не более чем фальшивка, призванная скрывать правду из соображений секретности.

Полный научного любопытства, каждый раз, когда робот хотел было снять простыню, я вскакивал на ноги и кричал: «Не мешай ей, болван!»

Но чего еще ждать от такого человека, как доктор Макдональд? Он так и не дал ей этого сделать, и думаю, что единственная причина, по которой сериал не возобновился на следующий сезон, — это приведение сложного робота в негодность ввиду отсутствия компетентного обслуживания.

Кстати, это тоже странно. Почему для присмотра за роботом был выбран такой не подходящий

для этой цели человек, как доктор Макдональд? Настоящий робототехник вроде меня сразу понял бы, что такое на самом деле Рода — плохо спроектированный робот, нуждающийся в очень бережном обслуживании.

Представьте себе психиатра, вынужденного весь день сидеть и размышлять о фрейдистских неврозах своих пациенток. Неудивительно, что он будет смущаться в присутствии женщины. А если учесть, что доктор Макдональд — холостяк, и опыта общения с женщинами у него крайне мало, то понятно, что смущение и боязливость его в таких случаях должны достигать огромных масштабов. Можно ли ожидать от такого человека уверенного и грамотного обращения с Родой?

Кроме того, доктор Макдональд демонстрирует полную неспособность к пониманию даже простейших принципов конструирования роботов. Так, несколько раз Рода произносила совершенно нормальную для робота фразу: «Я делаю то, что мне говорят».

Ну разумеется! Но каждый раз, когда она говорила, стоя, завернутая в свою простыню, доктор почему-то бледнел и терялся.

Почему? Любой робот будет делать то, что ему сказали, если описанное действие заложено в

его электрических цепях и не противоречит изначально заложенным в него целям. Это знает любой ребенок.

Так и робот Рода готов делать все, абсолютно все на свете, что может помочь погруженному в свою работу робототехнику выяснить все подробности воздействия космической среды на организм космонавта. В этом и заключается его вклад в науку и служба человечеству.

Что же в этом вполне логичном факте могло так расстроить доктора Макдональда? Какие мысли проносились в его голове, когда неудачный робот, плохо сконструированный с целью имитировать огромную женщину, предлагал ему выполнение своих естественных обязанностей?

Этого, наверное, никто никогда не поймет[13].

[13] notes: ~ _ftn13 ~

[13] Надеюсь, все поняли, что я шучу. Мне очень нравилась «Моя живая кукла», мне жаль, что этот сериал прекратился, и, главное — я искренне восхищен, и как человек, и как ученый, строением мисс Джули Ньюмар, превосходно сыгравшей роль Роды.

Глава 36
КОВАРНЫЙ ДЯДЮШКА МАРТИН

Марсианин на телевидении?

Когда несколько лет назад слухи об этом достигли моих ушей, я не мог поверить. Нельзя представить ничего более захватывающего, более волнительного и более полезного с научной точки зрения, чем показ по телевидению живого марсианина. Поэтому я с нетерпением стал ждать начала программы «Мой любимый марсианин».

Для меня это имело особое значение. Вот уже около четверти века я читаю и пишу научную фантастику, так что мне знакомы описания марсиан, сделанные всеми лучшими умами Америки (в том числе и мое собственное — см. главу 23).

Считая часы, оставшиеся до премьеры, я перебирал описания марсиан, которые попадались мне в фантастических романах. Были среди них высокие тонкие гуманоиды с вытянутыми конечностями и бочкообразной грудью, были марсиане с лицом напоминающим хризантему, были обладатели щупалец, как у осьминога, были похожие на багровых страусов и больших

пернатых червей.

Конечно, время от времени попадались и изображения марсианок в виде прекрасных женщин, снабженных максимумом очарования и минимумом одежды, но такие описания я никогда не воспринимал всерьез. Надо ведь рассуждать рационально. На Марсе ведь очень холодно, и прекрасным марсианским принцессам понадобились бы дорогие меховые шубы. А где на Марсе взять дорогие меховые шубы?

Именно учет подобных мелочей и отличает вдумчивого и талантливого писателя-фантаста от головотяпа-любителя.

Но к черту теории. Скоро марсианин вживую появится на наших телеэкранах, и все сомнения рассеются.

Затаив дыхание, с колотящимся сердцем я уставился на экран — и вот взору моему предстало существо, известное теперь всему миру как дядюшка Мартин.

Я застыл в изумлении. Возможно ли это? Он выглядел совсем как человек!

Конечно, меня не так легко обмануть. Большой опыт занятий научной фантастикой выработал у меня хороший нюх на внеземные детали. Я стал выискивать любые малейшие отклонения от

нормы, столь ничтожные, что средний американец не заметил бы их и за тысячу лет.

Я внимательно следил за его пальцами в надежде заметить лишний хотя бы на одной руке; зорко наблюдал, не промелькнет ли в одном из карманов вторая голова и не покажется ли из штанины кончик хвоста. Подобные мелочи, ничего не говорящие стороннему наблюдателю, для меня представляли бы первостепенную важность.

Но ничего подобного я так и не увидел, пока сынишка не указал мне, что у дядюшки Мартина периодически появляется пара антенн. Сам я как-то упустил это из виду.

Антенны, говорите? Может, все дело в них? Я стал внимательнее присматриваться к землянам на улице, и через несколько дней наблюдений сделал уверенный вывод: у землян антенн не бывает. По крайней мере, в районе Бостона. Хороший знак!

Кому-нибудь другому этого хватило бы. На основании одного лишь наличия антенн он сделал бы вывод, что дядюшка Мартин, несмотря на все сходство с человеком, действительно является марсианином. Но для того, чтобы убедить такого опытного фантаста, как я, телевизионщикам еще

предстояло постараться.

Мне необходимы были дополнительные свидетельства. Неделями я ходил, погруженный в раздумья, забыв про работу. В моей голове роились вопросы. Дядюшка Мартин, судя по всему, чувствовал себя на Земле как дома, а ведь ему здесь должно было показаться очень непривычно. На его родном Марсе холодно и очень сухо — значит, на Земле дядюшке Мартину должно быть очень жарко и влажно? А ведь он ничем этого не проявлял.

Да, в одной из серий четко показано, что температура тела дядюшки Мартина гораздо выше, чем у людей. Может ли это означать, что на него не влияют ни марсианский холод, ни земная жара? А эффективно работающие потовые железы могли бы нейтрализовать действие влажности. Определяться пока было рано, и без устали я продолжал строить рассуждения, исходя уже из других данных.

Как ему наша атмосфера? Марсианская атмосфера более чем в сто раз разреженнее земной, и кислорода там нет. Кислород — активное химическое вещество, которое наверняка должно было бы оказаться ядовитым для неприспособленного к нему марсианина. Стало быть, непонятно, как

дядюшка Мартин ухитряется оставаться живым, вдыхая земной воздух.

Но вдыхает ли он наш воздух? Вот этого нельзя было установить наверняка. Я внимательно просматривал серию за серией, пытаясь разглядеть ритмичные сокращения грудной клетки — но, к сожалению, так и не смог точно удостовериться, наблюдаю я их или нет.

Поскольку в таких вещах с научной точки зрения важно иметь контрольный образец, я выбрал еще одного персонажа этого еженедельного сериала для проверки на предмет наличия заметных сокращений грудной клетки. Методом случайной выборки контрольным персонажем я назначил красавицу хозяйку дома, и при каждом ее появлении в первых пяти-шести сериях я внимательно наблюдал за ее грудью. В ее случае никаких сомнений не оставалось — грудь дамы вздымалась и опадала, когда она вдыхала и выдыхала, но вот насчет дядюшки Мартина такой уверенности у меня не было.

В общем, картина оставалась неясной.

Решение пришло внезапно. Гравитация! Ну конечно же! На поверхности Марса сила тяжести составляет лишь две пятых от земной. Стало быть, любое живое существо, приспособленное к

жизни на Марсе, будет чувствовать себя придавленным к поверхности Земли. Ему будет тяжело ходить; более того, и подниматься-то он сможет лишь с трудом. Жизнь на Земле превратилась бы для такого существа в сплошную пытку.

А дядюшка Мартин при всем этом двигается без каких-либо затруднений. Более того, и по земным-то меркам он выглядит довольно проворным и грациозным. В приступе научной активности я тут же сверился с избранным контрольным образцом и долгое время следил за каждым движением хозяйки дома. В обоих случаях реакция на земную силу тяжести была одинакова.

Вот я и пришел к однозначному заключению. Тщательный анализ занял у меня несколько лет, но оно того стоило. Думаю, что сделанный мной вывод потрясет всю страну. Дядюшка Мартин — не марсианин! Он — земной человек, ни более, ни менее.

Но не простой человек. У него ведь есть антенны, и он обладает марсианскими способностями, неслыханными среди землян — к примеру, умеет становиться невидимым или перемещать предметы, указав на них пальцем.

Конечно, можно сказать, что все это фокусы. У меня тоже были такие подозрения, но опытного

писателя-фантаста, как я, просто так не одурачить. Я все эти штучки знаю.

Например, можно отвлечь внимание зрителя. Вы наблюдаете за пальцем дядюшки Мартина, а в это время кто-то другой незаметно вбегает и переставляет кресло. Или, может быть, к пальцу дядюшки Мартина прикреплена длинная трубка, выкрашенная в нейтральный серый цвет и потому незаметная. А когда дядюшка Мартин исчезает — может быть, просто кто-то опускает перед ним экран, раскрашенный в цвет фона.

Мне в голову приходили десятки подобного рода хитростей, но в конце концов я пришел к выводу, что в данном случае не использовалась ни одна из них.

Итак, перед нами — дядюшка Мартин, определенно землянин, но обладающий при этом способностями марсианина.

Соответственно, остается сделать вывод, что за этим сериалом стоят настоящие марсиане — как, несомненно, и за теми сериалами, которые придут ему на смену. Но почему? Если марсиане хотят продемонстрировать нам свои способности, то почему бы им не показать их на примере настоящего марсианина? Зачем им прикрываться человеком?

Ответ мне случайно подсказал сынишка — и мой гениальный мозг тут же ухватился за эту подсказку. Он сказал: «Как мне нравится дядюшка Мартин!»

Ну конечно же! Разве мой сын смог бы полюбить марсианина, если бы тот явился в своем настоящем облике — например, пернатого червя или склизкого осьминога? Да никогда! Ясно, что марсиане намеренно предстают миру в ложном обличье! Они смущают умы нашей молодежи! Они коварно завоевывают наши сердца!

Нам представляют «марсианина», который выглядит так же, как мы сами; он обладает неземными способностями, но использует их только в благих целях — чтобы помочь молодому человеку, с которым вместе живет, чтобы выручить из беды хозяйку квартиры… Даже с сыщиком, который постоянно подозревает, что дядюшка Мартин — не тот, за кого себя выдает, «марсианин» обращается очень вежливо.

Напрашивается вывод, что марсиане всегда готовы помочь нам и что они любят даже врагов своих. По крайней мере, именно к такому выводу нас подталкивают.

Но так ли это на самом деле? Если да, то к чему вся эта маскировка, столь искусная, что даже при

всей моей гениальности потребовались годы на то, чтобы ее раскрыть?

Не случится ли так, что после того, как пропаганда окажет свое действие, и наше общество будет благожелательно настроено в отношении марсиан, они вдруг покажут свое истинное лицо и возьмут верх над нами?

Было бы глупо и наивно считать иначе!

Земляне, очнитесь! Нельзя иметь дело с марсианами! Быстрее, пока не поздно! Откройте глаза — вокруг нас марсианский заговор! Не дайте коварному дядюшке Мартину обмануть себя!

Если мы начнем действовать сейчас, то еще можем успеть спасти Землю, но времени осталось мало.

Сейчас!

Глава 37
ЛУННЫЙ ЛАНДШАФТ, ПРЕКРАСНЫЙ И УТРАЧЕННЫЙ

Некоторое время назад космический зонд под названием Mariner 4 пролетел в непосредственной близости от Марса и потревожил покой этой девственной планеты, сделав двадцать один фотоснимок. Пелена расстояния спала, и прямо перед нами предстали скалы марсианской поверхности.

Никаких каналов! Лишь кратеры, как на Луне. Диаметр одного из них оказался равным 120 километрам.

Последнее зрелище экзотического мира кануло в Лету, и наша Солнечная система стала еще на один шаг ближе к одиночеству.

Сейчас я сам пишу фантастику, но в молодости своей, в 1930-х годах, я был всего лишь ее читателем, увлеченным романтиком, какой теперь уж нет. В годы моей юности Солнечную систему населяли таинственные народы, роскошные принцессы, невозможные животные и чудовища и растения всех сортов, от хищных до разумных.

Той Солнечной системы нам больше никогда не увидеть. Ее убила наука.

До наступления современной эпохи люди считали, что жизнь есть только на Земле. Имеется в виду — широкая публика. Софисты уже в древности предполагали, что Луна и Солнце — это другие миры и что планеты тоже могут оказаться другими мирами. А словосочетание «необитаемый мир» до наступления современности казалось бессмыслицей. Что же это за мир такой, если там не живут существа вроде нас? Необитаемый мир — это мир выброшенный, а такую неэффективность не могут себе позволить ни Господь (в глазах верующих), ни логический аппарат Вселенной (в глазах атеистов).

Так, древнегреческий сатирик Лукиан из Самосата, живший во II веке н. э., написал историю о землянине, побывавшем на Луне. Герой повествования обнаружил, что Луна населена людьми, ведущими войну с народом Солнца за право колонизировать Венеру.

Даже еще в 1800 году великий английский астроном Уильям Гершель объявлял Солнечную систему населенной. Он утверждал, что пятна на Солнце — это просветы в яркой солнечной атмосфере, сквозь которые просвечивает темная

поверхность самого Солнца — которое, стало быть, может быть холодным и даже обитаемым.

В 1901 году в своем «Первом человеке на Луне» Герберт Уэллс все еще изображал Луну покрытой ковром растений и населенной разумными подземными жителями.

Почему подземными? Потому что к тому моменту уже начала проясняться реальная картина. После того как в XVII веке появилась возможность наблюдать Луну в телескопы, стало очевидно, что на Луне нет ни воздуха, ни воды. Есть только плоские темные участки, которые и были названы «морями» с красивыми именами: Море Спокойствия, Море Ясности, Море Сновидений…

Но, увы, спокойствием и ясностью эти моря были обязаны лишь факту отсутствия воздуха, способного их всколыхнуть. И если какие-то сны и виделись на этой планете, то это были лишь сны о несбыточном обитаемом мире, миниатюрной версии нашего собственного. На смену этим снам явился кошмар морей пыли, веками неизменных молчаливых скал, медленно движущегося безжалостного Солнца и столь же безжалостных ледяных ночей. Более поздние данные добавили к этой картине еще и нескончаемый поток смертельного облучения.

Писатели-фантасты, конечно, могли и дальше продолжать выдумывать обитаемую Луну, но души в такой Луне уже не было. Научной фантастике приходилось, оправдывая свое имя, двигаться в одном русле с наукой, и чем больше реальных знаний вкладывали в произведения авторы, тем выше ценилось имя научной фантастики.

Конечно, оставалась еще темная сторона Луны, которую с Земли никто еще не видел. Вполне могло быть, что Луна имеет вытянутую яйцеобразную форму острым концом к нам — тогда именно обладающий большей массой выступ не давал бы Луне вращаться, удерживаемый гравитационным полем Земли. Мы видели бы с Земли только огромную, лишенную воздуха гору, а с другой стороны Луны могли бы находиться плодородные лунные долины, с воздухом, водой и живыми существами. Это была красивая теория, опровергнуть которую было невозможно, поскольку темная сторона Луны вечно остается невидимой с поверхности Земли.

Но вот в 1959 году русские послали вокруг Луны летательный аппарат «Лунник III», и тот сфотографировал ее обратную сторону. Так были повержены мечты о водоемах, о воздухе, о пери-

стых облаках — о прекрасном лунном пейзаже. Оказалось, что обратная сторона Луны еще хуже, чем обращенная к нам, более гористая и такая же пустынная.

Так может быть, там есть подземная жизнь? Вроде той, что описал Уэллс? Нет. Ученые занимались рассмотрением этого предположения и вынесли вердикт, что в лучшем случае под поверхностью лунной коры удастся обнаружить что-нибудь вроде бактерий или столь же простых живых форм.

А о Солнце, разумеется, и говорить нечего. Температура его внешней оболочки — 5000 °С, а солнечные пятна, вопреки мнению Гершеля, темными выглядят лишь из-за контраста. На самом деле их температура — не менее 4000 °С. И что еще важнее — никакого холодного внутреннего тела в Солнце нет. Чем ближе к центру Солнца — тем горячее, а в самом центре температура составляет 14 000 000 °С.

Так что в 1930-х расцвет жизни на Луне (и уж тем более на Солнце) остался позади. О Солнце мы уже знали все самое худшее, а о Луне — подозревали.

Но оставался еще Марс! В отношении Марса наука была на нашей стороне!

В конце концов, разве итальянский астроном Джованни Скиапарелли не обнаружил в 1877 году на поверхности Марса каналы? Разве такие астрономы, как француз Камиль Фламмарион и американец Персиваль Лоуэлл, не подтвердили наличие каналов и не добавили при этом, что такие каналы могли построить только разумные существа? Разве все это не означает, что на Марсе живут люди?

Сколько фантастических произведений избрали своей ареной Марс! Сколько прекрасных принцесс, облаченных исключительно в сверкающий металлический лифчик и прозрачную накидку, носились по этой планете на шестиногих конях, пока верные земляне сражались на их стороне, орудуя огромными мечами!

Логика говорила о том, что Марс, будучи меньше Земли, остыл раньше, а значит, и развитие его началось раньше. Значит, марсианская цивилизация куда более продвинута, чем наша, и находится уже в стадии упадка. С планеты постепенно исчезает вода, и каналы — это отчаянная попытка оттянуть конец. Старые усталые марсиане воспринимали неизбежный крах философски, предлагая молодой земной поросли свою опеку наставников. Или, наоборот, толкаемые

нуждой на злые поступки, они планировали захват соседней молодой планеты с уничтожением или порабощением местных аборигенов (то есть нас!).

Как часто встречал я описания козней марсианских злых гениев и их неизбежное поражение от храбрых землян!

А может быть, марсианская цивилизация уже погибла, и земляне пришли, чтобы покопаться в руинах. В красном безоблачном небе сияло маленькое марсианское Солнце, освещая остатки грязных каналов, а археологи с Земли без конца разглядывали предметы, оставшиеся от таинственных погибших марсиан.

Конечно же из обсерваторий просачивались беспокойные новости. Оказалось, что атмосфера на Марсе разрежена, как на вершине горы Эверест, а может, и еще больше. Да и в том воздухе, что там имеется, кислорода все равно практически нет. Многие астрономы так и не увидели никаких каналов, а воды на Марсе обнаруживалось очень мало.

Мы отбивались от этих известий, как только могли. Мы всей душой прикипели к Марсу, и у нас не так-то просто было его отнять.

Но все же отняли. Да, ученые местами уступали.

Они признали, что на Марсе действительно есть вода — ясно различимые шапки полярного льда состоят явно из воды, а не из какой-нибудь там твердой углекислоты или чего еще похуже. Есть, но мало. И наблюдаемые на Марсе зеленоватые области могут оказаться заросшими растениями — не джунглями, конечно, вообще не деревьями и даже не травой, но чем-нибудь вроде лишайников.

Потом появился Mariner 4, и от каналов пришлось отказаться. Ни малейшего намека на каналы на планете нет. Астрономы, утверждавшие, что видели каналы, наблюдали, скорее всего, неправильные линии еле заметных кратеров, и домыслили прямые линии там, где их никогда не было.

Более того, наличие кратеров свидетельствует не только о том, как мало воды и воздуха на Марсе сейчас, но и о том, что такое положение продолжается уже миллионы лет.

Принцессы, говорите? Хорошо, если хотя бы лишайники…

А как насчет Венеры? Она расположена ближе к Солнцу и остывала дольше (по мнению писателей-фантастов 1930-х годов), а значит — должна быть моложе Земли. Да и так видно, что это мо-

лодой мир, ведь его атмосфера сплошь затянута облаками! Это должен был быть влажный дождливый мир, полный бурно растущих джунглей, превосходящих роскошью все, что когда-либо видела Земля.

Было написано множество рассказов, в которых на Венере все сжирала плесень, а хищные растения вели непрекращающуюся войну друг с другом. Более того, считалось, что Венера всегда обращена к Солнцу одной и той же стороной, хотя облачный покров и не дает температуре подняться невыносимо высоко. Так что «темная сторона Венеры» представляла собой совершенно другую среду, мрачную и таинственную, где тянущийся с дневной стороны теплый воздух оседает, образуя горы твердого кислорода и азота.

Или сплошные венерианские облака свидетельствуют о том, что ее поверхность покрыта огромным океаном? Меня настолько очаровала такая возможность, что в 1954 году я написал роман про планету, покрытую одним сплошным океаном. Океан этот я населил самыми странными существами, каких только смог вообразить, включая огромного осьминога в милю шириной.

Самым приятным в отношении Венеры была безопасность. Заглянуть под ее облачный покров

невозможно, так что можно представлять ее мир каким угодно, не боясь разоблачений со стороны ученых.

Астрономы тем временем развлекались с самой облачной поверхностью планеты. Одни говорили, что облака состоят из формальдегида, другие — что из бензина, третьи — что из пыли. Мы все сидели как на иголках, потому что в итоге ученые решили, что облака все же состоят из воды.

Затем астрономы, разумеется, дружно решили, что кислорода в атмосфере Венеры нет (астрономы вообще нигде не обнаруживают кислорода во внеземной атмосфере, см. главу 13). Фантасты, в свою очередь, отказались воспринимать это всерьез — в конце концов, ученые могут говорить только о воздухе над облаками, откуда им знать, что там внизу?

Но тогда астрономы научились воспринимать радиосигналы с некоторых планет, включая Венеру. Излучаемые Венерой радиоволны могут исходить только от довольно горячего тела, нагретого до 300 °C. В 1962 году к планете был выслан космический зонд Mariner 2, который подтвердил догадки ученых. Венера — нагретое тело.

Да, как я и предположил еще в 1954 году, вся поверхность Венеры покрыта океаном. Проблема

только в том, что весь этот океан существует в виде пара. Облачный слой оказался не просто показателем наличия на Венере большого запаса воды — выяснилось, что именно он и является этим самым запасом.

Далее, выяснилось, что Венера на самом деле все-таки вращается по отношению к Солнцу. Никакой «вечной ночи», которая позволила бы скрыться от солнечного жара, на планете не существует. Венера нагрета целиком.

Прочь с Венеры. Прочь из самых прекрасных и самых опасных джунглей во всей Солнечной системе; прочь от самого большого океана.

Ну, на Меркурий с самого начала надежды было мало. Он расположен слишком близко к Солнцу, одна его сторона всегда повернута к светилу, а вторая — всегда в темноте. Но может быть, что-то есть в «сумеречной зоне» на границе между дневным и ночным полушариями? Там мог бы быть и воздух, поступающий от нагревания гор замерзшего кислорода на ночной стороне.

Нет! Астрономы все подробно разъяснили. Орбита Меркурия имеет форму эллипса. На каждой итерации вращения он сначала, разгоняясь, приближается к Солнцу, а затем, замедляясь, — отдаляется от него. В результате его поверхность

смещается, как маятник, каждая сторона «сумеречной зоны» получает по 44 дня солнца и 44 дня ночи. То есть нет там никакой сумеречной зоны.

В 1965 году выяснилось еще худшее — по данным отраженных от Меркурия лучей радара, планета все же медленно вертится. То есть и «темной стороны» на Меркурии тоже нет. Хранить запасы замороженного кислорода там негде.

За орбитой Марса расположены гигантские миры Солнечной системы — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, а с ними — двадцать девять спутников, пять из которых довольно велики.

В великие тридцатые мы населили все эти миры. Писались рассказы, действие которых происходило даже прямо на поверхности огромных Юпитера и Сатурна. Некоторые изображали Сатурн миром бескрайних степей — этаким необъятным Диким Западом, по которому бродят огромные стада скота. Что-то в этом есть, поскольку площадь поверхности Сатурна раз в 80 больше площади поверхности Земли, если то, что нам кажется поверхностью, — действительно поверхность.

Что же касается спутников — то сам я в написанных в 1930-х годах рассказах описывал борьбу с трудностями на Ганимеде и Каллисто,

двух лунах Юпитера. Любили фантасты и Титан, крупнейшую из лун Сатурна.

Расстояния от планет до Солнца никого не останавливали. В одной из известнейших повестей 1930 года описывалась опасность, грозящая всей Солнечной системе в результате козней злобных жителей Нептуна.

Но битва была уже проиграна. Внешние планеты слишком холодны; у них слишком глубокие и плотные атмосферы; а главное — ненасытные ученые проанализировали и их и установили, что эти атмосферы крайне ядовиты. Что же до спутников, то единственный из них, имеющий атмосферу, — это Титан, да и то она, как вы, наверное, уже догадались, ядовита.

Некоторые астрономы нерешительно предполагают, что температура на Юпитере может быть выше, чем нам кажется, может быть, даже доходя до уровня комфортного существования — для тех, кому нравится дышать ядами. Но сейчас все чаще звучат предположения о том, что внешние планеты целиком и полностью состоят из водорода — атмосфера из газообразного водорода, под ней — океан жидкого водорода, а под ним — ядро из твердого металлического водорода.

Что у нас там осталось? Кометы?

Жюль Верн писал как-то о том, как комета вскользь задела Землю и улетела прочь, унося на себе несколько человек, которые потом жили на ней относительно комфортно в течение долгого периода времени. На той комете был даже свой океан.

Но мы-то теперь знаем, что кометы — это не более чем огромные газопылевые облака, окружающие груду сцементированных замерзшими газами булыжников размером с астероид.

Наука не пощадила и саму Землю. Мало-помалу, по мере изучения нашей планеты, с ее лица исчезали народы-отшельники и затерянные цивилизации. Атлантида пропала навсегда; в дебрях Африки не нашлось никакой «страны Ше», а в горах Тибета — никакой Шамбалы. Ничего, кроме жалких первобытных племен, не обнаружилось в амазонских джунглях, а огромный южный материк, о котором мечтали древние, растаял, оставив вместо себя лишь населенную аборигенами пустынную Австралию да скованную льдами Антарктиду, где вообще никто не живет.

Осталось лишь проводить взглядом исчезающую за горизонтом романтику.

А внутреннее пространство Земли? Что на-

ходится там? Интерес к бездонным пещерам можно проследить вплоть до «Илиады». Ни один более или менее стоящий герой древнегреческих мифов не упускал случая спуститься в подземный мир. Тезей спускался, Геркулес спускался, Одиссей спускался… Римляне скопировали все подчистую и отправили Энея туда же.

Писатели современности тоже создали свой подземный мир. Творились повести о мирах, находящихся внутри нашего собственного, о полостях в центре Земли с радиоактивным «солнцем» посередине. Центр Земли наполнялся океанами и материками, населялся чудовищами и людьми.

Но и это невинное развлечение у нас отняли. Измерив плотность Земли, изучив волны землетрясений и проведя еще с десяток косвенных исследований, геологи пришли к убежденности о том, что Земля — сплошь твердое тело, в котором нет никаких полостей, и никакие пещеры не могут уходить вглубь больше чем на два-три километра.

Что же нам остается? Нигде в Солнечной системе, за исключением поверхности Земли, нет подходящего места для человечества. Нигде не найти нам ни братьев, ни мудрых учителей, ни

опасных врагов. Мы одиноки.

Ну конечно, не то чтобы совсем одиноки. Есть еще другие звезды, другие планетные системы (см. главу 22). Но они слишком далеки от нас, дотуда очень тяжело добраться, и до этого еще очень долго (см. главу 31).

Нет, звезды нас не устроят. Нам нужна Солнечная система, которую у нас отобрали за последние тридцать лет.

Солнечная система, которую нам уже никогда не вернуть.