

АЙЗЕК  
АЗИМОВ

Выбор катастроф

от гибели вселенной  
до энергетического кризиса



АМБРА  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

# Айзек Азимов

## Выбор катастроф

OCR: Phiper

[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=132667](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=132667)

Айзек Азимов: Амфора; 2002

ISBN 5-94278-135-4

Оригинал: Isaac Asimov, "A Choice of Catastrophes: The Disasters That Threaten Our World"

Перевод:

А. А. Девель

Л. А. Девель

### Аннотация

Слово «катастрофа» обычно ассоциируется с трагической развязкой. Именно о катастрофах, которые могут привести человечество к гибели, идет речь в этой книге. Но так ли уж они неизбежны? Может быть, надо реально оценить опасность и обдуманно сделать выбор?

P.S. В ДАННОМ ФАЙЛЕ ПРОПУЩЕНА 8 ГЛАВА. ОБРАЩАЕМСЯ КО ВСЕМ, У КОГО ЕСТЬ ЭТА КНИГА: ПРОСИМ ПЕРЕДАТЬ ОТСКАНИРОВАННУЮ 8-Ю ГЛАВУ ИЛИ ПОЛНЫЙ ФАЙЛ ВСЕЙ КНИГИ. ПРИСЫЛАЙТЕ НА ПОЧТОВЫЙ ЯЩИК edit[ @ ]aldebaran.ru

# Содержание

Страх и трепет	4
Предисловие	16
Часть первая	19
1. Страшный суд	19
2. Возрастание энтропии	31
3. Крушение Вселенной	68
4. Гибель звезд	94
Часть вторая	131
5. Столкновения с Солнцем	131
6. Смерть Солнца	166
Часть третья	221
7. Бомбардировка Земли	221
9. Дрейф земной коры	275
10. Изменение погоды	326
11. Перемещение магнетизма	367
Часть четвертая	406
12. Конкуренция видов	406
13. Конфликт интеллектов	454
Часть пятая	501
14. Истощение ресурсов	501
15. Опасности победы	579
Послесловие	640

# Айзек Азимов

## Выбор катастроф

### Страх и трепет

«Цари мира уподобятся вулканам и поглотят друг друга до полного истребления их прародителем. Как только он истребит их, то сам повернется против себя и пожрет себя до конца. И небеса сего мира опрокинутся друг на друга, и эти зоны будут опрокинуты. И их небо обвалится и разобьется. Их мир упадет на землю, земля не сможет нести всех их; так они обрушатся в бездну и бездна разрушится...» Библиотека Наг-Хаммади. Трактат II. 5.

Страх – спутник, а быть может, и вожатый человеческой истории, не упускающий возможности напомнить о своем существовании. Раскрываясь в ответ на усилия человеческого познания, мироздание не только балует приятными перспективами, но и обнаруживает вещи, которые совершенно бессмысленны с точки зрения современного рассудка. Эти пугающие провалы в прекрасной картине универсума вызваны его конечностью. Конечностью даже не в пространстве или времени, а конечностью как самой его сущью.

Провал номер один – смерть. Наша смерть, смерть наших близких делает человеческий разум беспомощным. Мы

спасаемся от этой беспомощности благодаря религии, ценностям, которые ставим выше собственного существования, ищем жизнь после смерти – и все равно конечность нашего существования остается настолько могущественным фактором, что она накладывает отпечаток на все сферы человеческого духа.

Второй провал – конечность человеческих способностей познания. Несмотря на бурное развитие физики и астрономии в нашем столетии – столетии атомной бомбы, Большого Взрыва и черных дыр, – эта конечность видна более чем наглядно. Для того чтобы описать универсум, человек вынужден вводить константы, которые, казалось бы, должны служить точками опоры для научного восприятия мира. Однако, как это ни парадоксально, некоторые константы вносят не столько ясность, сколько парадоксальность в описание вселенной, рожденные различными современными теориями. Самая важная из подобных констант – скорость света – означает, что вся информация, которую мы можем зафиксировать нашими приборами, определена жесткими временными рамками. Иными словами, наблюдая за космосом, мы видим и слышим прошлое, древность, глядящую на нас с небес, – то, какими были звезды сотни, тысячи, миллионы лет назад. Но это значит, что настоящее изучаемых объектов всегда остается за рамками нашего опыта. Вместо единой шкалы для изучения реальности остается полученная человечеством в удел точка в пространстве-времени – Зем-

ля (ничем, по существу, не выделяющаяся среди миллиардов иных возможных «точек отсчета»), и лавина математических моделей, описывающих относительность любых пространственно-временных характеристик.

Айзек Азимов говорит о третьем провале, пугающем человечество с самой зари его письменной истории: о необходимом прекращении существования человечества как рода. Если мы конечны, если мир конечен, то и человечество когда-либо прекратит свое существование – даже если оно сумеет продлить агонию до энтропийной смерти, или же до «Большого схлопывания» (т. н. «Отскока»).

На самом деле все три страха являются ипостасями одного и того же – страха смерти. Сознаемся себе – мы не только чувствуем себя полноправными представителями рода человеческого, но и необходимым условием существования универсума. На нас держится бытие мироздания. В «Чжуан-цзы» мы встречаем фразу: «Небо и земля родились одновременно со мной; весь мир и я составляем одно целое...» Именно это и объясняет озабоченность человека не только своей конечностью, но и конечностью мира, конечностью человеческого рода.

Все, что есть, получает имя из наших уст, смысл – из наших душ. В Ветхом Завете говорится: «Господь Бог образовал из земли всех животных полевых и всех птиц небесных, и привел к человеку, чтобы видеть, как он наречет их, и чтобы, как наречет человек всякую душу живую, так и было имя

ей». Не так уж и сложно продемонстрировать истинность этих слов – истинность утверждения, что все существующее было и будет существующим-для-нас, то есть находящимся в рамках совокупного опыта человеческой культуры.

Действительно, за пять с половиной веков до Рождества Христова греческий философ Анаксимандр создал одну из первых дошедших до нас космологии. Кажущаяся сейчас странной и экзотичной, она, по общему мнению, является серьезным шагом вперед по сравнению с представлением о земле, покоящейся на слонах, стоящих на черепахе, плавающей по бескрайнему океану... Итак, Анаксимандр утверждал, что Земля неподвижно висит в центре мироздания, она похожа на барабан, а окружающие ее светила – это трубки из влажного воздуха, наполненные огнем.

Спустя какое-то столетие пифагорейцы стали утверждать, что земля шарообразна, а светила являются настоящими небесными телами. Эта, геоцентрическая, картина мироздания господствовала в течение двух тысячелетий (по крайней мере в образованных кругах. Для всех остальных земля была плоским блином, добравшись до края которого можно было рухнуть в геенну огненную). Наиболее известен Птолемей, создавший образцовую астрономическую систему, базировавшуюся на математическом аппарате, объяснявшем практически все видимые небесные явления (в том числе и неравномерности в движении планет). Гелиоцентрические учения, возникавшие еще в античности, отбрасывались

именно из-за того, что не имели необходимой математической базы.

Лишь в 1543 г. появилось знаменитое сочинение Николая Коперника «Об обращениях небесных сфер», где предлагалась такая гелиоцентрическая гипотеза, которая позволяла объяснять небесные движения, экономя математические действия, сокращая их шаги. Именно этой экономией Коперник и оправдывал (правда, не без неискренности в тоне) свою гипотезу, расходившуюся с традиционной и поддержанной Церковью картиной космоса.

С течением времени гипотеза Коперника превратилась в необходимый атрибут научной картины мира. Однако постепенно стало ясно, что другие звезды в не меньшей степени являются центрами своих собственных миров. Начался поиск «точки опоры» – центра мироздания, который мог бы явиться и началом для наших оценок реальности, и удобным способом воображать космос, охватывая его одним мысленным взором. Наука достаточно быстро отказалась от локализации этого места в пространстве, благодаря Эйнштейну осознав невозможность мыслить пространство без времени. Центр пространства оказался началом времени. Это уже не Земля, не Солнце, не таинственная черная дыра в сердце галактики, а Большой Взрыв.

Однако мы должны каким-то образом пространственно вообразить этот временной центр. Итак, где же то место, от которого разлетаются галактики и метagalактики?



Элементарная логика, подсказываемая, кстати, и Айзеком Азимовым, приводит к выводу, что таким центром должна быть периферия, край наблюдаемой нами вселенной. Именно там, где находятся самые «старые» (то есть самые удаленные от нас) объекты – радиогалактики, квазары, – и пребывает то, что было прежде всего, то есть центр мироздания.

Парадокс? Да. Но едва ли он вызовет головокружение у современного человека.

Однако нам хотелось бы задать еще один вопрос – на этот раз Риторический: так что же, вселенная, образ которой создали поколения физиков, математиков, астрономов от Эйнштейна до Пенроуза и Хокинга, является той самой, подлинной? Добрались ли мы до итоговой картины мироздания?

Едва ли. То и дело появляются сообщения о наблюдениях такого рода явлений, которые, судя по всему, нарушают наше убеждение в истинности избранных констант (скорости света, гравитационной постоянной  $g$ ). К тому же Азимов использует в своих космологических главах лишь «догматическую» астрофизику. Не следует забывать, что существует немало альтернативных, «еретических» теорий, не слишком известных широкому кругу читателей, но всерьез обсуждающихся в научных кругах. Можно упомянуть хотя бы теорию устойчивой вселенной Фреда Хойла, особенно его концепцию «отсеков», выдвинутую в 70-х годах – концепцию, где математический аппарат и астрономические наблюдения синтезировались с философскими доктринами выдающих-

ся ученых конца XIX столетия – Маха и Авенариуса. Здесь впервые в расчеты была введена такая составляющая, как человек, структура и особенности его восприятия, использующего пространственные образы для описания того, что по сути своей не имеет пространственной природы (элементарных частиц).

Трудно сказать, каким предстанет мир в глазах человека XXII столетия. Однако вполне вероятно (более чем вероятно), что он будет совсем иным, чем в концепциях современных ученых.

Какая из картин мироздания более истинна? Анаксимандрова или Эйнштейнова? Ответ ясен: все зависит от того, чего мы ждем от вселенной, какой смысл в нее вкладываем. Человек забыл о словах из Книги Бытия, между тем под его руку до сих пор подводится все существующее – и он именуется его, даже не замечая, что это именно он именуется, принимая на себя ответственность...

Итак, это – наш мир. Не в том смысле, что мы являемся единственными его владельцами и господами (ведь кто-то подводит его к нам). Но в том, что мы принимаем непосредственное участие в его ормировании: от первого нашего вдоха до последнего выдоха.

Именно поэтому человек боится не только своей смерти, но находится во власти заботы о мироздании (и цивилизации).

Айзек Азимов дает нам практически исчерпывающий

список опасностей, подстерегающих человечество, – список, который формирует «объективная» наука XX столетия. Простота и ясность изложения им более чем сложных тем – от теории Большого Взрыва до дрейфа ледников и эпидемий – вызывают неподдельное восхищение. Возможно, подобная ясность стала возможна еще и потому, что фантастика XX столетия осуществляла «выбор катастроф» вслед за учеными (порой даже опережая их); таким образом практически все перечисленные Азимовым опасности уже были «освоены» фантастами.

Многие из угроз, особенно изображенные в конце книги, действительно реальны и опасны для человека. Формируя здание мира, мы вкладываем в него и свои скрытые страхи, которые возвращаются, например, в виде угроз термоядерной войны или перенаселения. Другие опасности имеют абстрактный характер, так как опираются на картины космоса, существующие лишь на кончике карандаша астрофизика.

Однако объединяет их то, что человек в равной мере способен переживать угрозу наступающего «антропогенного» (то есть вызванного деятельностью человека) потепления и опасность от нарастания энтропии, которая будет актуальна через многие миллиарды лет. Свойством объединять обладает и сама забота. Недаром Азимов неоднократно воспекает совокупные усилия человечества, благодаря которым будет возможно избежать угрозы уничтожения человечества от всевозможных напастей.

Эта блестящая, спокойная, познавательная книга тем не менее принадлежит к той эпохе, которая уходит вместе с последним десятилетием XX столетия. Азимов – как фантаст и как популяризатор науки – воспитан столетиями гуманизма. Для него «естественный свет разума», помноженный на усилие гения, оказывается той силой, которая способна преобразовать и неведомые силы природы, и неразумное начало в человеческом существе. В гуманистическом мироздании, в этом «наилучшем из возможных миров», присутствует лишь один игрок – разумная, справедливая, по своей природе понятная образованному человеку воля. И не важно, признаем ли мы Создателя или же отказываемся от мысли о его существовании, суть гуманистического мировосприятия не меняется. В конечном итоге воля Создателя отличается от человеческой лишь своей всеохватностью, но не внутренней сутью.

Скажи мне, чего ты боишься, и я скажу, кто ты. Человек гуманистической эпохи боится опасностей, на которые указывает ему здравый смысл: исчерпание природных ресурсов, плохое правительство, безумие ученых, обилие пятен на Солнце. Как представлялось, гуманистическая забота о мироздании вполне компенсировала и средневековый страх Страшного Суда, и античное ожидание катастрофического конца Железного Века<sup>1</sup>.

Разумеется, все это является идеологией гуманизма, более всего сохраняющейся в современных политических про-

граммах и в естественных науках, а не мировоззрением, принятым всеми без исключения. Достаточно вспомнить Шекспира, Паскаля, Гофмана, Шопенгауэра и Достоевского, чтобы понять, насколько сложнее обстояло дело в «высокой литературе», которая всегда бунтовала против любой идеологии.

Однако постепенно возникала иная культура и иная идеология – совсем не гуманистическая. То, о чем писали в XIX веке Кьеркегор, Ницше, Достоевский, Маркс, постепенно становилось общественным явлением. Безудержное развитие поэтического и прозаического языка на рубеже XIX—XX столетий имело своим отражением возникновение не только лингвистической философии, но и «новояза» – от изысков времен НЭПа до современного «слэнга». Наконец, экзистенциальная философия и литература, увлечение восточными учениями и древней мистикой сопровождалось поиском «гносиса», священного, спасительного знания о мире, его причинах и смысле нашего пребывания в нем.

Последние десятилетия это стало достоянием массовой культуры. Для того чтобы узнать, чего боится современный «человек с улицы», достаточно посмотреть фильмы, которые нравятся ему. Современный человек боится собственно бессознательного, невозможности исчерпывающего контроля внутренних своих начал. Он боится, что создаст существо, которое уничтожит его же самого (мутант, робот, суперкомпьютер). Он боится, что существует скрытая ложа

космополитов, которая правит экономической и политической жизнью, придумав ради оболванивания народных масс Интернет и СМИ. Он очень опасается зловредности пришельцев, исповедующих абсолютно другие ценности, чем человечество. Он не доверяет рациональным статистическим расчетам ученых и предполагает, что землю в ближайшем будущем ожидает столкновение с кометой. Иногда он начинает подозревать, что мироздание – мираж, причем мираж, созданный не магическими способностями некоего злого начала, а компьютерной техникой. Наконец, он решает, что, вероятно, уже не существует, что на самом деле он – один из случайных, исчезающих образов, возникающих в бесконечной дреме бога Вишну, отдыхающего на спине доисторического змея.

Как назвать наступающую эпоху? Пусть об этом заботится эпоха следующая. Можно лишь предположить, что грядущий век будет в чем-то ближе древнему восприятию мира с его магическим отношением к реальности и мистическим ощущением присутствия Собеседника, предлагающего человеку загадки – одну интереснее другой.

*Р. Светлов*

Если действовать рационально и по-человечески, если спокойно подойти к проблемам, стоящим перед лицом всего рода людского, и не вдаваться в эмоции по поводу таких вопросов девятнадцатого века, как национальная безопасность

и местнический патриотизм, если мы поймем, что нашими врагами являются совсем не соседи, а нищета, невежество и холодное безразличие к законам природы, – то все стоящие перед нами проблемы можно решить. Можно обдуманно сделать выбор и в итоге избежать катастроф.

*А. Азимов Робин и Биллу, и пусть им всегда улыбается  
Фортуна*

# Предисловие

«Катастрофа» по-гречески означает переворот. Первоначально греки называли этим словом развязку или завершение драматического представления. По своему характеру развязка может быть либо счастливой, либо печальной.

В комедии развязка – счастливый конец. После череды размолвок и огорчений все вдруг переворачивается, влюбленные примиряются и соединяются. Стало быть, катастрофа комедии – объятия и свадьба. В трагедии развязка – печальный конец. После бесконечных мытарств и борьбы все вдруг переворачивается, и герой обнаруживает, что рок и обстоятельства побеждают его. Стало быть, катастрофа трагедии – смерть героя.

Поскольку трагедии обычно затрагивают душу человека глубже, чем комедии, и лучше запоминаются, слово «катастрофа» стало чаще ассоциироваться с трагической развязкой. Поэтому теперь оно используется для обозначения всякого печального конца, гибели. Именно такого рода катастрофы представляет эта книга.

Чей же печальный конец имеется в виду? Наш, разумеется, рода человеческого. Если рассматривать историю человечества как трагедию, то гибель человечества была бы катастрофой как в первоначальном, так и в нынешнем смысле этого слова. Но что же может привести к концу историю че-



ловечества?

Начнем с того, что Вселенная в целом может настолько изменить свои свойства, что станет необитаемой. А если Вселенная станет мертвой, если в ее пределах жизнь не сможет существовать, то человечество тоже не сможет существовать, и это будет то, что мы бы назвали катастрофой первого класса.

Разумеется, вовсе не обязательно, чтобы вся Вселенная была охвачена чем-то таким, что вызовет гибель человечества. Вселенная может оставаться столь же безмятежной, как и сейчас. Но ведь с Солнцем может произойти нечто такое, что сделает Солнечную систему необитаемой. В таком случае жизнь человечества может прекратиться, даже если вся остальная Вселенная будет тихо и мирно продолжать свой путь. Это мы бы назвали катастрофой второго класса.

Конечно, Солнце может продолжать сиять так же ровно и благожелательно, как всегда, но сама Земля может претерпеть своего рода конвульсию, которая сделает жизнь на ней невозможной. В таком случае жизнь человечества может прекратиться, даже если Солнечная система будет продолжать свой обычный цикл вращений и оборотов. Это мы бы назвали катастрофой третьего класса.

Однако, хотя Земля может оставаться теплой и приятной, на ней может произойти нечто такое, что уничтожит человечество, оставив, возможно, некоторые другие формы жизни нетронутыми. В таком случае эволюция закончится, а Земля

с видоизмененным составом жизни будет процветать и без нас. Это катастрофа четвертого класса.

Мы сделаем еще шаг и укажем на возможность того, что человеческая жизнь может продолжаться, но случившееся, разметав успехи технического прогресса, окажется способным уничтожить цивилизацию и на неопределенный период приговорить человечество к примитивной жизни – одинокой, омерзительной, тупой и короткой. Это катастрофа пятого класса.

В этой книге представлен широкий выбор катастроф, начиная с первого класса, по порядку. Описываемые катастрофы последовательно менее всеобъемлющи и последовательно более близки и опасны.

Картина, нарисованная мною, не обязательно должна быть картиной полного уныния: ведь неизбежных катастроф, возможно, и нет. И, конечно, шансов избежать катастрофы становится больше, если мы смело посмотрим катастрофе в лицо и оценим ее опасность.

# Часть первая

## Катастрофы первого класса

### 1. Страшный суд

#### Рагнарёк

Убеждение, что вся Вселенная идет к концу (упомянутая в предисловии катастрофа первого класса), – старая и существенно важная часть традиционного западного мировоззрения. Особенно драматическая картина конца мира дается в мифах, созданных скандинавами.

Скандинавская мифология является отражением обстановки сурового Приполярья, где живут отважные северяне. Это мир, в котором мужчины и женщины играют незначительную роль, драма разыгрывается между богами и великанами. Причем боги постоянно оказываются в невыгодном положении.

Великаны-холода (длинные, суровые скандинавские зимы) непобедимы даже в стенах замка самих богов. Локи (бог огня, столь важного в северном климате) так же искусен и вероломен, как и сам огонь. В конце концов наступает Раг-

нарек – фатальная судьба богов. (Это понятие стало более известным как *Gotterdammerung* или «Гибель богов» по одноименной опере Вагнера.) Рагнарек – финальная, решающая битва между богами и их врагами. На стороне богов выступают герои Вальгаллы (Не лишне напомнить некоторые моменты скандинавской мифологии: Вальгалла – небесный замок, место обитания богов – Одина и его семейства, здесь же обретаются души погибших в бою воинов, они входят в дружину Одина, живут, днем сражаясь, а ночью пируя с богами. (Здесь и далее под цифрами даются примечания переводчиков.)) – воины, погибшие в битвах на земле. Против них выступают великаны и чудовища суровой природы под водительством изменника Локи. Один за другим гибнут боги, однако чудовища, великаны и сам Локи тоже гибнут. Погибают в схватке Земля и Вселенная. Солнце и Луну проглатывают волки, которые преследуют их с момента сотворения. Земля охватывается пламенем, раскаляется и полностью уничтожается. И как незначительный, побочный результат великой битвы уничтожаются жизнь и человечество.

Казалось бы, эта драма – конец всему. Но нет!

Каким-то образом выживает второе поколение богов, возникают новые Солнце и Луна, новая Земля, объявляется новая человеческая пара. К великой трагедии уничтожения присовокупляется счастливое окончание. Отчего это происходит?

Сказание о Рагнареке взято из произведений исландского

историка Снорри Стурлусона (1179—1241). К тому времени Исландия была христианизирована, и сказание о гибели богов испытало, по-видимому, сильное влияние христианства. Христианские же писания о смерти и возрождении Вселенной появились намного раньше исландского сказания о Рагнареке. Однако они, в свою очередь, претерпели влияние еврейских мифов.

## **Ожидание мессии**

До 586 года до н. э., пока существовало иудейское царство Давида, евреи были убеждены, что Бог является непогрешимым судьей, который определяет людям награды и наказания в соответствии с их заслугами. Награды и наказания воздавались в этой, земной жизни. Эта уверенность была незыблемой.

Когда же Иудею покорили халдеи Навуходоносора, Храм был разрушен, многих евреев угнали в Вавилон, и среди изгнанников возникло сильное стремление возродить свое государство, вернуть к власти потомков Давида. Поскольку подобные мечтания, высказываемые прямолинейно, являлись изменой новым, не иудейским правителям, вошло в обыкновение говорить о возвращении царя эллиптически. Говорили о мессии, то есть о «помазаннике», так как помазание царя благовонным маслом было частью ритуала возложения власти.

Картина возвращения царя рисовалась как наступление прекрасного золотого века, и, конечно, вознаграждение добродетели было устранено из настоящего (где оно, очевидно, не имело места) и перенесено в светлое будущее.

Некоторые стихи, описывающие этот золотой век, оказались в Книге Исайи, которая содержит в себе слова пророка, проповедовавшего еще в 740 году до н. э. Стихи эти, вероятно, появились в более поздний период. Надлежащим образом представить золотой век значило: праведников наделить властью, грешников лишить ее или даже уничтожить их. Вот так:

«И будет Он судить народы, и обличит многие племена; и перекуют мечи свои на орала, и копыя свои – на серпы: не поднимет народ на народ меча и не будут более учиться воевать» (Исайя 2:4).

«Он будет судить бедных по правде, и дела страдальцев земли решать по истине; и жезлом уст Своих поразит землю, и духом уст Своих уььет нечестивого» (Исайя 11:4).

Шло время, и евреи возвратились из плена, но это не принесло облегчения. Непосредственные соседи были враждебны, и евреи чувствовали себя беспомощными перед сокрушительной мощью персов, которые теперь правили землей. Еврейские пророки стали более выразительно описывать наступление золотого века и особенно дня Страшного суда, ожидающего их врагов.

Пророк Иоиль, проповедовавший около 400 года до н. э.,

писал:

«О, какой день! ибо день Господень близок: как опустошение от Всемогущего придет он» (Иоиль 1:15).

А вот и образ этого особого времени, когда Бог рассудит мир:

«Я соберу все народы, и приведу их в долину Иосафата, и там произведу над ними суд за народ Мой, и за наследие Мое, Израиля...» (Иоиль 3:2).

И это было первым литературным описанием Судного дня или Дня Страшного суда, когда Бог покончит с существующим в мире порядком.

Идея эта приобретает большую силу и большую остроту во втором веке до н. э., когда Селевкиды, греческие правители, унаследовавшие персидские владения после Александра Великого, попытались искоренить иудаизм.

Евреи под предводительством одного из Маккавеев восстали, а для поддержки восстания была написана Книга Даниила.

Книга Даниила частично строилась по старым традициям (по части пророчеств). В уста Даниила вложены описания апокалиптических видений. Бог (именуемый как «Ветхий днями») является, чтобы наказать грешников.

«Видел я в ночных видениях, вот, с облаками небесными шел как бы Сын человеческий, дошел до Ветхого днями и подведен был к Нему. И Ему дана власть, слава и царство, чтобы все народы, имена и языки служили Ему; владычество

Его – владычество вечное, которое не прейдет, и царство Его не разрушится» (Даниил 7:13—14).

Этот «как бы Сын человеческий» подведен был к кому-то в человеческом облике, в противоположность врагам Иудеи, которые только что изображались в виде различных зверей. Человеческий облик можно толковать в общем как изображение Иудеи или в частности – мессии.

Восстание Маккавеев оказалось успешным, Иудейское царство было восстановлено, но это не привело к золотому веку. Однако в течение нескольких последующих веков в пророческих писаниях еще сохранялись упования на явление мессии. День Страшного суда, казалось, вот-вот наступит; мессия – вот-вот явится; царство справедливости – вот-вот установится.

Маккавеи уступили место римскому владычеству, и во времена правления Тиберия большую популярность приобрел проповедник по имени Иоанн Креститель. Основным в его проповеди было:

«Апокалиптический» – от греческого слова «апокалипсис» – «откровение», так нечто, представленное апокалиптическим, открывает будущее, обычно скрытое от людей. (Здесь и далее под звездочкой даются примечания автора.) «...покайтесь, ибо приблизилось Царство Небесное» (Матфей 3:2).

При все время подогревавшемся таким образом всеобщем ожидании всякий, кто претендовал на роль мессии, дол-



жен был воспитать учеников-последователей. При римлянах таких претендентов было немало, но никакого политического влияния они не достигли. В числе этих претендентов был и Иисус из Назарета, имевший в Иудее нескольких последователей, которые не отреклись от веры и после того, как Иисуса распяли, хотя они и пальцем не пошевелили, чтобы спасти его. Тех, кто верил в Иисуса как в мессию, можно было бы назвать «мессианистами». Но так как в новую веру обращалось все больше и больше неевреев, языком последователей Иисуса стал греческий. «Мессия» же по-гречески – «Христос». Так последователи Иисуса стали называться «христианами».

Первые успехи в обращении язычников в истинную веру связаны с личностью миссионера-проповедника Савла из Тарсуса (апостола Павла). Начиная с него, христианство быстро распространяется и приводит под свои знамена сначала Рим, затем Европу, затем большую часть мира.

Первые христиане полагали, что появление Иисуса-мессии (то есть Иисуса Христа) означает, что День Страшного суда близок. Сам Иисус изображался предсказывающим надвигающийся конец света:

«Но в те дни, после скорби той, солнце померкнет, и луна не даст света своего, и звезды спадут с неба, и силы небесные поколеблются. Тогда увидят Сына человеческого, грядущего на облаках с силою многою и славою... Истинно говорю вам: не пройдет род сей, как все это будет. Небо и земля

прейдут... О дне же том, или часе, никто не знает, ни Ангелы небесные, ни Сын, но только Отец» (Марк 13:24—26,30-32).

Примерно в пятидесятых годах нашей эры, двадцать лет спустя после смерти Иисуса, апостол Павел все еще ждал, что вот-вот наступит День Страшного суда:

«Ибо сие говорим вам словом Господним, что мы, живущие, оставшиеся до пришествия Господня, не предупредим умерших; потому что Сам Господь при возвещении, при гласе Архангела и трубе Божией, сойдет с неба, и мертвые во Христе воскреснут прежде; потом мы, оставшиеся в живых, вместе с ними восхищены будем на облаках в сретение Господу на воздухе, и так всегда с Господом будем. Итак, утешайте друг друга сими словами. О временах же и сроках нет нужды писать к вам, братия, ибо сами вы достоверно знаете, что день Господень так придет, как тать ночью» (1-е послание к Фес-салоникийцам 4:15—18,5:1).

Павел, как и Иисус, подразумевал, что День Страшного суда наступит скоро, но остерегался называть точную дату. И, как это и случилось, День Страшного суда не наступил, зло не было наказано, идеальное царство не было установлено, а тем, кто верил, что Иисус был мессией, пришлось утешаться мыслью, что мессии придется прийти еще раз («Второе пришествие»), и уж тогда-то произойдет все предсказанное.

Христиане подвергались гонениям в Риме при Нероне и в более широких масштабах при следующем императоре –

Домициане. И точно так же, как гонения Селевкидов породили апокалиптические обещания Книги Даниила во времена Ветхого завета, гонения Домициана во времена Нового завета породили апокалиптические обещания Откровения Иоанна Богослова. Оно было написано примерно в 95 году нашей эры в пору правления Домициана.

День Страшного суда характеризуется многочисленными несвязными деталями. Говорится о последней битве всех сил добра и зла в месте под названием Армагеддон, но детали ее не ясны (Откр. 16:14—16). А в результате:

«И увидел я новое небо и новую землю, ибо прежнее небо и прежняя земля миновали...»— (Откр. 21:1).

Таким образом, вполне возможно, что чем бы ни был скандинавский миф о Рагнареке, версия его, дошедшая до нас, скорее всего чем-то обязана этой битве в Армагеддоне и предвидению возрождения Вселенной, описанного в Откровении. А Откровение, в свою очередь, многим обязано Книге Даниила.

## **Милленаризм**

Откровение ввело и нечто новое:

«И увидел я Ангела, сходящего с неба, который имел ключ от бездны и большую цепь в руке своей. Он взял дракона, змия древнего, который есть диавол и сатана, и сковал его на тысячу лет, и низверг его в бездну, и заключил его, и по-

ложил над ним печать, дабы не прельщал уже народы, доколе не окончится тысяча лет; после же сего ему должно быть освобожденным на малое время» (Откр. 20:1-3).

Почему дьявол должен быть лишен власти на тысячу лет или «миллениум» (лат. – тысячелетие), а потом «быть освобожденным на малое время» – не ясно, но это, во всяком случае, снимало гнет с тех, кто верил, что День Страшного суда близок. Всегда можно было сказать, что мессия пришел, что дьявол взаперти, имея в виду, что христианство может проявить силу и что, однако, окончательная схватка и истинный конец наступят через тысячу лет<sup>1</sup>.

Представляется естественным, что через тысячу лет (это от рождения Христа) 1000-го года ждали с волнением и страхом, но он миновал – а мир продолжал существовать.

Слова Даниила и Откровения обрывочны и не ясны, но, несмотря на это, вызывали доверие: люди перечитывали эти книги, задумывались над неопределенными предсказаниями и соглашались с новой датой Судного дня. Даже такие великие ученые, как Исаак Ньютон и Джон Напир, делали свои предсказания.

Тех же, кто пытался определить начало решающего тысячелетия и его конец, стали иногда называть «милленаристами» или «милленариями». Их можно также называть «хи-

---

<sup>1</sup> В сущности, именно из-за тысячелетнего заключения сатаны термин «миллениум» получил применение для обозначения идеального будущего, где царят справедливость и счастье, применение часто ироничное – по отношению к тому, что никогда не свершится.

лиастами» от греческого слова, означающего «тысячелетие». Как это ни странно, милленаризм, вопреки неоднократным переносам даты конца света, заявляет о себе в наши дни еще сильнее, чем прежде.

Нынешнее движение началось с Уильяма Миллера (1782—1849), армейского офицера, который участвовал в войне 1812 года. Он был скептиком, а после войны стал, если можно так выразиться, заново родившимся христианином. Он принялся изучать Книгу Даниила и Откровение и решил, что Второе пришествие произойдет 21 марта 1844 года. Он подкрепил это путанными расчетами и предсказал, что мир закончится пожаром по образу и подобию описанного в Откровении.

Он воспитал до 100 тысяч последователей, и в назначенный день многие из них, распродав свое мирское имущество, собрались на склонах гор и холмов, чтобы вознестись навстречу Христу. День прошел без происшествий, после чего Миллер произвел перерасчет и установил новый день – 22 октября 1844 года. Но и этот день прошел без происшествий. Когда Миллер умер, в 1849 году, Вселенная все еще продолжала существовать.

Многие его последователи, однако, не были обескуражены. Они стали толковать эту апокалиптическую книгу Библии таким образом, будто бы расчеты Миллера указывали начало некоего небесного процесса, пока недоступного обычному сознанию на Земле. Таким образом, это был еще

один «миллениум», а истинное «Второе пришествие», или «адвент» Иисуса, снова было отложено на будущее, но, как и ранее, на не очень далекое будущее.

Так было основано движение адвентистов, которое раскололось на ряд различных сект, в числе которых и секта адвентистов седьмого дня, вернувшаяся к такому ритуалу Ветхого завета, как шабаш в субботу (седьмой день).

Нашелся человек, упростивший воззрения адвентистов. Это был Чарлз Тейт Рассел (1852—1916). В 1879 году он основал организацию под названием Свидетели Иеговы. Рассел считал возможным Второе пришествие в любой момент и неоднократно предрекал его на определенные дни, так же, как Миллер, и всякий раз испытывал разочарование. Он умер во время Первой мировой войны, которая, должно быть, представлялась ему началом последних решительных битв, описанных в Откровении, – и, тем не менее, адвент все же не последовал.

Однако движение продолжало процветать под водительством Джозефа Франклина Резерфорда (1869—1942). Он дожидался Второго пришествия с волнующим лозунгом: «Да не умрут миллионы живущих!» Сам он умер во время Второй мировой войны, которая опять же, должно быть, представлялась ему началом последних решительных битв Откровения, – и все же адвент не последовал.

Но как бы то ни было, движение продолжает процветать и насчитывает сейчас в мире свыше миллиона человек.

## 2. Возрастание энтропии

### Законы сохранения

Но довольно о «мифической вселенной». Наряду с мифическим представлением, существует научная точка зрения на Вселенную, она связана с наблюдением и экспериментом (а иногда и с интуитивным пониманием, которое, однако, должно быть затем подтверждено наблюдением и экспериментом).

Предположим, мы рассматриваем Вселенную с научной точки зрения (как будем делать и далее в этой книге). Является ли тогда Вселенная такой Вселенной, которой суждено прийти к концу? И если да, то как, почему и когда?

Древнегреческие философы считали, что если Земля — это обитель изменений, превращений и распада, то небесные тела следуют другим законам и остаются неизменными, не поддающимися превращениям и вечными. Средневековые христиане полагали, что в Судный день Солнце, Луна и звезды не минуют общего разрушения, но до той поры они если и не вечны, то, по крайней мере, не изменяются и не поддаются превращениям.

Точка зрения начала меняться, когда польский астроном Николай Коперник (1473—1543) в своей опубликованной

в 1543 году книге изложил тщательно аргументированную теорию, где Земля была устранена со своего уникального положения в центре Вселенной и причислялась к планетам; она, как и другие планеты, вращалась вокруг Солнца. Именно Солнце заняло у него уникальное положение в центре.

Естественно, точка зрения Коперника была принята не сразу, ей жестоко сопротивлялись на протяжении шестидесяти лет. Только появление телескопа, впервые использованного для наблюдения за небом в 1609 году итальянским ученым Галилеем (1564—1642), лишило противников этой теории всяких претензий на научную респектабельность и свело их усилия к обычному тупому обскурантизму.

Галилей, например, открыл, что у Юпитера четыре спутника, которые безостановочно вращаются вокруг него, и тем самым раз и навсегда опроверг то, что Земля – центр, вокруг которого вертится все. Он установил, что Венера, как предсказывал Коперник, проявляет полный цикл фаз, аналогичных фазам Луны, в то время как более ранние предположения были иными.

В свой телескоп Галилей также увидел, что на Луне есть горы, кратеры и то, что он назвал морями, а это свидетельствовало о том, что Луна (следовательно, и другие планеты) – такие же образования, как и Земля, и, вероятно, подчиняются тем же законам изменения, превращения и распада, что и Земля. Он обнаружил темные пятна на поверхности самого Солнца, так что даже этот трансцендентальный объект, ко-



торый из всего материального мира представлялся наибольшим приближением к совершенству Бога, оказался, в конце концов, несовершенен.

Затем, в поисках вечного – или по крайней мере тех аспектов вечного, которые можно было бы наблюдать и которые были бы частью материальной Вселенной, – людям удалось достигнуть более абстрактного уровня опыта, и если они не обнаруживали вещей, которые были бы вечными, то обнаруживали хотя бы связи между этими вещами. Так, в 1668 году английский математик Джон Уоллис (1616—1703), исследуя поведение сталкивающихся тел, пришел к выводу, что в процессе столкновения некоторый аспект движения не меняется.

И вот в чем суть этого явления. Все движущиеся тела имеют нечто, что называется «момент» (это латинское слово, означающее «движение»). Момент равен массе (которую можно грубо определить как количество вещества, которое содержит тело), умноженной на его скорость. Если движение происходит в одном определенном направлении, моменту можно дать положительный знак; если в противоположном – отрицательный.

Если два тела подходят друг к другу лоб в лоб, их общий момент можно определить путем вычитания отрицательного момента одного из положительного момента Другого. Когда тела достигнут друг друга и столкнутся, распределение момента между ними изменится, но общий момент останется

таким же, как раньше. Если они столкнутся и соединятся, вновь создавшееся тело будет иметь массу, отличную от массы каждого тела в отдельности, но общий момент останется таким же. Общий момент останется таким же, даже если тела столкнутся под углом и отскочат в измененных направлениях.

Из экспериментов Уоллиса и из многих других, проведенных после этого, следует, что в любой замкнутой системе (такой, в которую не поступает момент извне и никакой момент не исчезает из нее) общий момент всегда остается одинаковым. Распределение моментов среди движущихся в системе тел может меняться бесконечным количеством способов, но общий момент остается одинаковым. Следовательно, момент сохраняется, то есть он не приобретается и не теряется, этот принцип называется законом сохранения момента. Поскольку единственная по-настоящему замкнутая система – это вся Вселенная, наиболее общая формулировка закона сохранения момента может выглядеть так: «Общий момент Вселенной постоянен». По существу, он никогда не меняется на протяжении вечности. Не имеет значения, какие происходят или могут произойти изменения, при этом общий момент не меняется.

Можем ли мы быть в этом уверены? Как по нескольким наблюдениям, проведенным учеными в лабораториях за несколько веков, можно утверждать, что момент будет сохраняться еще миллионы лет или сохранялся миллионы лет

назад? Как можно судить, сохраняется ли он сейчас в миллионе световых лет от нас в другой галактике или по соседству с нами при условиях, столь чуждых нам, как, скажем, условия в центре Солнца?

Нет, мы не можем этого утверждать. Все, что мы можем об этом сказать, это лишь то, что никогда, ни при каких условиях мы не наблюдали нарушения этого закона, точно так же, как и не обнаружили ничего, указывающего на то, что он мог бы быть когда-либо нарушен. Кроме того, все последствия мы выводим из предположения, что закон по смыслу представляется нам истинным и соответствует тому, что наблюдалось. Ученые поэтому считают, что имеют достаточное право полагать (всегда имеются основания для противоположного), что сохранение момента является «законом природы», который справедлив везде (в пространстве и во времени) и при любых условиях.

Закон сохранения момента был только первым из серии законов сохранения, открытых учеными. Например, можно говорить об «угловом моменте» или моменте вращения, которым обладают тела, совершающие круговое движение либо вокруг собственной оси, либо вокруг какого-нибудь другого тела. В обоих случаях момент вращения определяется массой тела, скоростью его вращения и средним расстоянием его частей от оси или центра, вокруг которого происходит вращение. Соответственно, для вращения существует закон сохранения момента вращения. Общий момент вра-

щения Вселенной постоянен.

Более того, эти два типа момента не зависимы друг от друга и не взаимозаменяемы. Нельзя угловой момент заменить на момент обычный (иногда, чтобы отличать его от другого, именуемый «линейным моментом») и наоборот.

В 1774 году французский химик Антуан Лоран Лавуазье (1743—1792), проведя серию экспериментов, высказал предположение о неизменности массы (Несколько ранее в России такое же предположение высказал великий русский ученый М. В. Ломоносов (1711—1765)). В пределах замкнутой системы некоторые тела могут терять массу, а другие — наращивать, но общая масса системы остается постоянной.

Постепенно научный мир разработал понятие «энергия» как свойство тела, дающее ему возможность совершать работу. (Само слово «энергия» по-гречески означает «содержащий работу».) В 1807 году это слово в современном его значении впервые употребил английский физик Томас Янг (1773—1829). Различные явления, способные совершать работу: тепло, движение, свет, звук, электричество, магнетизм, химические изменения и так далее — стали считаться различными формами энергии.

Возникла мысль о том, что одна форма энергии может преобразовываться в другую, что некоторые тела могут терять энергию в той или иной форме, а другие тела могут приобретать энергию в той или иной форме, и при этом в любой замкнутой системе общая энергия всех форм постоянна.

на. Первым высказал такую мысль немецкий физик Герман Л. Ф. фон Гельмгольц (1821—1894), а в 1847 году ему удалось убедить весь научный мир в том, что это так. Поэтому он обычно считается первооткрывателем закона сохранения энергии.

В 1905 году великий ученый, физик Альберт Эйнштейн (1879—1955) убедительно доказал, что масса может преобразовываться в определенное количество энергии и наоборот.

По этой причине закон сохранения массы исчез как отдельный закон, и в наши дни речь идет только о законе сохранения энергии, а масса, таким образом, представляет собой одну из форм энергии.

В 1911 году британским физиком Эрнестом Резерфордом (1871—1937) была установлена структура атома, обнаружены его частицы, что согласовывалось не только с законами сохранения момента, углового момента и энергии, но также и с законом сохранения электрического заряда, числом элементарных частиц и с рядом других подобных правил.

Законы сохранения – это фактически основные правила игры для всех от мала до велика частиц и частей Вселенной; и все эти законы, насколько нам известно, вечные и всеобщие. И если какой-либо закон сохранения окажется в конце концов недействительным, это будет означать, что он является частью более общего закона, подобно тому как закон сохранения массы оказался в стороне, потому что как часть

вошел в более общий закон сохранения энергии, которая теперь включает в себя и массу.

Теперь у нас есть один аспект Вселенной, который представляется не имеющим ни конца, ни начала. Энергия, которая содержится во Вселенной, будет всегда в ней в том же количестве, что и сейчас, и всегда была в ней в том же количестве, что и сейчас. Были и будут в ней такие же, как сейчас, момент, угловой момент, электрический заряд и так далее. Будут всевозможные виды локальных изменений, когда та или иная часть Вселенной теряет или приобретает что-то из этих свойств или изменяет что-то из этих свойств по форме, но в целом энергия во Вселенной была и остается неизменной.

## **Поток энергии**

Теперь мы можем сопоставить Вселенную мифическую и Вселенную научную.

Что касается мифической Вселенной, то тут мы имеем дело с вечным и неизменяющимся небесным царством и противостоящим ему изменяющимся миром плоти, с которым мы хорошо знакомы. Этот изменяющийся мир, как мы считаем, идет к концу; и только в отношении этого изменяющегося мира слова «конец» или «начало» имеют значение. Он не только изменяющийся, он временный.

В научной Вселенной существуют вечные и неизменяю-

щиеся свойства сохранения и противостоящий им изменяющийся мир, который действует сам по себе на фоне и в соответствии с правилами этих свойств сохранения. И только относительно этого изменяющегося мира слова «конец» и «начало» имеют значение. Он не только изменяющийся, но он и временный.

Но почему же существующая научная Вселенная является изменяющейся и временной? Отчего бы всем компонентам Вселенной не соединиться вместе в один супермассивный объект с определенным линейным моментом, угловым моментом, электрическим зарядом, количеством энергии и так далее и потом никогда не изменяться?

Почему вместо этого Вселенная состоит из миллиардов объектов различных размеров, которые постоянно передают частицы сохраняемых свойств от одного к другому? (Разумеется, мы не против, потому что эта взаимная передача свойств создает во Вселенной всю деятельность, одушевленную и неодушевленную, делает возможной жизнь, производит нечто неугомонное и неуловимое, что мы называем разумом, и так далее) Ведущая сила всех этих изменений, по видимому, энергия. Так что, в определенном смысле, энергия – наиболее важное свойство, которым обладает Вселенная, и закон сохранения энергии рассматривается некоторыми как самый основной из всех законов природы.

Энергия производит все изменения во Вселенной и сама участвует в изменениях. Частицы энергии перетекают из од-

ного места в другое, от одного тела к другому, изменяясь по форме в процессе перехода. И перед нами встает вопрос: что же направляет энергию тем или иным путем?

Причиной этого, по-видимому, является то, что энергия во Вселенной распределена неравномерно; в одних местах она присутствует в более концентрированной форме, в других – в менее концентрированной. Весь поток частиц энергии из одного места в другое, от одного тела к другому, из одной формы в другую и происходит вследствие тенденции выравнять ее распределение (Конечно, нам нужно прежде всего спросить, почему же энергия распределена неравномерно. Мы займемся этим вопросом ниже). Именно поток энергии преобразует ее неравномерное распределение в равномерное, именно этот поток может быть использован для совершения работы и привнесения всех изменений, которые имеют место, которые мы связываем со Вселенной, насколько мы знаем ее из жизни и умозрительно.

И более того, выравнивание энергии спонтанно. Ничто не ведет энергетический поток, ничего не требуется для того, чтобы его вызвать. Он возникает сам по себе. Он сам собою управляет.

Позвольте привести простой пример. Предположим, у вас имеются два больших сосуда одинакового размера, соединенные около дна трубкой, которая перекрыта, и между сосудами нет сообщения. Заполните один из сосудов водой до самого верха, а во второй налейте совсем немного воды.



В полном сосуде уровень воды выше, чем в том, который почти пуст. Чтобы вопреки сопротивлению гравитации поднять в сосуде воду выше, потребовалась энергия, так что вода в полном сосуде обладает более высоким уровнем энергии в отношении гравитационного поля, чем вода в почти пустом сосуде. Обычно мы говорим, что вода в полном сосуде обладает большей «потенциальной энергией», чем вода в почти пустом сосуде.

Представим себе теперь, что трубка, соединяющая оба сосуда, открыта. Вода немедленно потечет из места, где ее потенциальная энергия больше, в место, где ее потенциальная энергия меньше. Вода потечет из полного сосуда в пустой спонтанно.

Ни у одного человека, пусть даже с самым небольшим жизненным опытом, я уверен, не возникнет сомнения в том, что это явление спонтанно и неизбежно. Если бы трубка была открыта, а вода не потекла из полного сосуда в почти пустой, мы бы сразу подумали, что соединяющая трубка все еще перекрыта. Если бы вода из почти пустого сосуда перетекла в полный сосуд, мы бы решили, что воду накачивают.

Если бы все же трубка была открыта, и если бы было ясно, что никакого накачивания не происходит, но вода все же не текла бы из полного сосуда в почти пустой или, того хуже, текла бы в противоположном направлении, то мы были бы свидетелями свершающегося чуда. (Нет необходимости говорить, что никогда такие чудеса не были засвидетель-

ствованы и зарегистрированы в анналах науки(Между прочим, явление того, как воды Красного моря расступились, как это изображено в кинофильме «Десять заповедей», является именно таким чудом. Естественно, это потребовало применения специальной съемки).) Однако спонтанный поток воды настолько показателен, что мы используем его в качестве индикатора направления течения времени.

Предположим, например, что кто-то снял на киноплёнку события, произошедшие в двух сосудах, и мы знакомимся с результатом. Соединяющая трубка открыта, но вода не течёт. Мы бы сразу пришли к выводу, что плёнка не движется и мы видим один-единственный кадр. Иначе говоря, время в «кино-вселенной» остановилось.

Предположим, что в кино мы видим воду, текущую из почти пустого сосуда в полный. В этом случае мы были бы совершенно уверены, что плёнку прокручивают в обратном направлении. В «кино-вселенной» время повернуло вспять, в противоположность реальной жизни, двинулось в обратном направлении. (На самом деле показ фильма задом наперед всегда вызывает смех, потому что события, которые мы в этом случае видим, никогда не случаются в реальной жизни. Выплеснувшаяся из стакана вода возвращается обратно; ныряльщик выбрасывается из воды ногами вперед и приземляется на доску для прыжков в воду; осколки стекла сами собираются в цельный предмет; волосы, взъерошенные ветром, укладываются в идеальную причёску. Наблюдение за всем

этим позволяет нам понять, как много явлений в реальной жизни происходит совершенно спонтанно, как много явлений, которые действительно имели место, будучи повернутыми вспять, представляются настоящим чудом, и как хорошо мы отличаем одно от другого просто по опыту.) Вернемся к двум нашим сосудам с водой. Легко заметить, что скорость, с которой вода течет из полного сосуда в почти пустой, зависит от распределения энергии. Вначале потенциальная энергия воды в полном сосуде значительно выше, чем потенциальная энергия в почти пустом сосуде, так что вода течет быстро.

С падением уровня воды в полном сосуде и с подъемом его в почти пустом разница в потенциальной энергии между двумя сосудами неуклонно снижается, так что различие в распределении энергии уменьшается, и вода течет с неуклонно снижающейся скоростью. Ко времени, когда уровни воды почти одинаковы, вода течет с очень малой скоростью, а когда уровни воды в обоих сосудах становятся совершенно одинаковыми и совсем нет разницы в потенциальной энергии между ними, вода вообще перестает течь.

Короче, спонтанное изменение происходит от состояния неравного распределения энергии к состоянию равного распределения энергии и со скоростью, пропорциональной величине разности потенциала. Как только достигается равное распределение энергии, изменение прекращается.

Если бы, наблюдая за двумя сообщающимися сосудами с

равными уровнями воды, не испытывающими никакого воздействия извне, мы увидели, что вода потекла в том или ином направлении так, что уровень воды в одном сосуде поднялся, а уровень воды в другом сосуде понизился, мы были бы свидетелями чуда.

Движущаяся вода может совершать работу. Она способна вращать турбину, которая будет вырабатывать электрический ток, или может просто передвигать предметы. При замедлении потока воды скорость, с которой может производиться работа, будет снижаться вместе с ним. Когда поток воды прекратится, никакой работы производиться не может.

Когда уровень воды одинаков в обоих сосудах, тогда все останавливается. Вся вода по-прежнему там. Вся энергия по-прежнему там. Все это – вода и энергия, тем не менее, уже больше не распределено неравномерно. Именно неравномерное распределение энергии создает изменение, движение, совершает работу – оно стремится к распределению равномерному. Как только равномерное распределение достигнуто, уже нет изменения, нет движения, нет работы.

Спонтанное изменение всегда происходит от неравномерного распределения к равномерному, и, как только достигается равномерное распределение, ничто спонтанное не приведет обратно к неравномерному распределению (Мы увидим, что в действительности это не совсем верно).

Возьмем другой пример, построенный не на уровнях воды, а на тепле. Из двух тел одно может содержать более высо-

кую интенсивность тепловой энергии, чем другое. Уровень интенсивности тепловой энергии определяется как «температура». Чем выше уровень интенсивности тепловой энергии тела, тем выше его температура и тем оно горячее. Поэтому мы можем говорить о горячем теле и о холодном теле и считать их эквивалентными нашему случаю с полным сосудом и сосудом почти пустым.

Предположим, что два тела образовали замкнутую систему так, что в них не может попадать тепло из внешней Вселенной, и, соответственно, тепло не может вытекать из них во внешнюю Вселенную. Теперь представим себе, что два этих тела – горячее и холодное – приведены в соприкосновение.

Из опыта нашей реальной жизни нам точно известно, что произойдет: тепло потечет из горячего тела в холодное – в точности так, как вода текла из полного сосуда в почти пустой. Пока поток тепла продолжается, горячее тело будет остывать, а холодное тело будет нагреваться, точно так же, как полный сосуд становился менее полным, а почти пустой сосуд становился более полным. Наконец, оба тела будут иметь одинаковую температуру, так же как в двух сосудах устанавливался одинаковый уровень воды.

Опять же, скорость потока тепла от горячего тела к холодному зависит от разности распределения энергии. Чем больше разность температур между двумя телами, тем быстрее течет тепло от горячего тела к холодному. По мере охлажде-

ния горячего тела и нагревания холодного разность температур уменьшается, снижается и скорость потока тепла. Наконец, когда температура обоих тел станет одинаковой, поток тепла прекратится – оно не будет двигаться ни в каком направлении.

Опять же, направление потока тепла спонтанно. Если два тела с различной температурой привести в соприкосновение, и тепло не потечет или потечет от холодного тела к горячему так, что холодное тело станет еще более холодным, а горячее еще более горячим, и если бы мы бы ни уверены, что имеем дело с действительно замкнутой системой, и что тут нет никаких фокусов, нам бы пришлось заключить, что мы стали свидетелями чуда. (Разумеется, никаких таких чудес не установлено и не зарегистрировано учеными.) Как только оба тела достигнут одинаковой температуры, поток тепла, который вызывает либо нагрев одного из тел, либо охлаждение, прекращается.

Подобные изменения опять-таки связаны с течением времени. Если бы мы сняли фильм о двух телах, сфокусировавшись на термометрах, прикрепленных к каждому телу, и заметили бы при просмотре, что температура одного тела остается высокой, а другого – низкой, мы бы сделали вывод, что пленка не двигается. Если бы мы увидели, что столбик ртути в термометре на теле с более высокой температурой поднимается еще выше, в то время как столбик на другом термометре опускается еще ниже, мы бы сделали вывод, что плен-

ка прокручивается задом наперед.

Пользуясь горячим и холодным телами, мы могли бы совершить работу. Тепло от горячего тела способно испарять жидкость, а расширяющийся пар способен толкать поршень. Пар мог бы затем передать свое тепло холодному телу, снова стать жидкостью, и процесс мог бы продолжаться снова и снова.

Когда совершается работа и течет тепло, горячее тело передает свое тепло испаряющейся жидкости, а пар, когда он конденсируется, передает свое тепло холодному телу. Поэтому горячее тело становится холоднее, а холодное теплее. Когда температуры сближаются, скорость потока тепла снижается, уменьшается и количество совершаемой работы. Когда же оба тела достигают одинаковой температуры, прекращается и поток тепла и не совершается никакой работы. Тела остаются на месте, вся тепловая энергия все еще там, но уже нет неравного распределения энергии, и поэтому нет никакого изменения, никакого движения, никакой работы.

И опять спонтанное изменение направлено от неравного распределения энергии к равному; от способности к изменению, движению, работе к отсутствию такой способности. И опять, как только такая способность исчезает, она не возникает вновь.

## Второе начало термодинамики

Исследования энергии обычно включают в себя изучение потоков тепла и температурных изменений, потому что это – самый простой аспект предмета, поддающийся для наблюдения в лаборатории, а также потому, что это было особенно важно, когда паровые машины были главным способом превращения энергии в работу. По этой причине наука об энергоизменении, энерготечении и преобразовании энергии в работу была обозначена словом «термодинамика», что по-гречески означает «теплодвижение».

Закон преобразования энергии иногда называют «первым началом термодинамики», потому что он является основным правилом, определяющим, что произойдет с энергией.

Что же касается правила о направлении спонтанных изменений от неравномерного распределения энергии к равномерному распределению, то оно получило название «второго начала термодинамики».

Французский физик Николас Л. С. Карно (1796—1832), который первым детально исследовал тепловые потоки в паровых двигателях, еще в 1824 году, по сути дела, сформулировал второе начало термодинамики.

Тем не менее, первооткрывателем второго начала термодинамики считается немецкий физик Рудольф Ю. Э. Клаузиус (1822—1888), который в 1850 году высказал мысль, что



этот процесс выравнивания приложим ко всем видам энергии и ко всем явлениям во Вселенной.

Клаузиус доказал, что величина отношения общего количества тепла к температуре в любом определенном теле имеет существенное значение для процесса выравнивания. Он назвал эту величину «энтропией». Чем меньше энтропия, тем более неравномерно распределение энергии. Чем энтропия больше, тем более равномерно распределение энергии. Поскольку спонтанная тенденция, по-видимому, постоянно направлена к изменению от неравномерного распределения энергии к ее равномерному распределению, мы можем сказать, что спонтанная тенденция, по-видимому, направлена к движению от низкой энтропии к высокой энтропии.

Мы можем изложить это таким образом. Первое начало термодинамики утверждает: содержание энергии во Вселенной постоянно.

Второе начало термодинамики утверждает: энтропия Вселенной неуклонно возрастает.

Если первое начало термодинамики, по-видимому, подразумевает, что Вселенная бессмертна, то второе начало показывает, что это бессмертие в определенном смысле ничего не стоит. Энергия всегда будет присутствовать, но она не всегда сможет привести изменение, движение и работу.

Когда-нибудь энтропия Вселенной достигнет максимума, и вся энергия выровняется. Затем, хотя вся энергия будет присутствовать, дальнейшие изменения станут невозможны

– ни движения, ни работы, ни жизни, ни интеллекта. Вселенная будет существовать, но только как замерзшее изваяние Вселенной. «Фильм» перестанет крутиться, перед нами всегда будет стоять один «кадр».

Поскольку тепло – наименее организованный вид энергии и такой, который легче всего поддается равному распределению, всякое превращение любого вида нетепловой энергии в тепло означает увеличение энтропии. Спонтанное изменение всегда ведет от электричества к теплу, от химической энергии к теплу, от лучистой энергии к теплу и так далее.

Поэтому при максимальной энтропии все виды энергии, которые можно преобразовать в тепло, будут преобразованы, и все части Вселенной будут иметь одинаковую температуру. Это иногда называют «тепловой смертью Вселенной», и, исходя из изложенного выше, может показаться, что это означает неизбежный конец.

Таким образом, конец мифической и конец научной Вселенной существенно различны. Мифическая Вселенная заканчивается всеобщим пожаром и развалом: она заканчивается одним махом. Научная Вселенная, если она заканчивается тепловой смертью, заканчивается длительной агонией.

Конец мифической Вселенной всегда предполагается в близком будущем. Конец научной Вселенной в случае тепловой смерти, конечно, далек. Он по крайней мере в тысяче миллиардов лет от нас, может быть, даже во многих тысячах миллиардов лет. Учитывая, что сейчас Вселенной, со-

гласно существующим расчетам, только пятнадцать миллиардов лет, мы всего лишь во младенчестве ее жизни.

Тем не менее, хотя конец мифической Вселенной обычно описывают как насильственный и близкий, он принят, потому что несет обещание возрождения. Конец научной Вселенной, хотя он и мирный и чрезвычайно далекий, по-видимому, не подразумевает возрождения, а будет окончательным, и ясно, что такую вещь трудно принять. Люди ищут выход из положения.

В конце концов, спонтанные процессы могут быть обратимы. Воду можно накачать вверх против ее тенденции стекать. Тела можно охладить ниже комнатной температуры и оставить их в холодильнике; или нагреть выше комнатной температуры и оставить их в печке. При таком взгляде на вещи может показаться, что неминуемый рост энтропии можно предотвратить.

Иногда процесс возрастания энтропии объясняют, представляя Вселенную в виде огромных, неопишимо сложных часов, которые постепенно замедляют ход. К примеру, у человека есть часы, которые постепенно замедляют ход, но их всегда можно завести. А не может ли существовать подобный процесс и для Вселенной?

Разумеется, это не значит, что мы должны предположить, будто бы уменьшение энтропии может происходить только благодаря обдуманым действиям людей. По-видимому, жизнь сама по себе, совершенно независимо от человеческо-

го интеллекта, бросает вызов второму началу термодинамики. Индивидуумы умирают, но рождаются новые индивидуумы, и молодость, как всегда, торжествует. Растительность умирает зимой, но весной она снова оживает. Жизнь существует на Земле более трех миллиардов лет, а возможно, и больше, и не проявляет никаких признаков замедления. Более того, она проявляет множество признаков «подзаводки», поскольку на протяжении всей истории жизни на Земле она, жизнь, становилась все более сложной как в отношении отдельных организмов, так и в отношении экологической паутины, которая полностью ее опутала. История биологической эволюции демонстрирует огромное уменьшение энтропии.

Исходя из этого, кое-кто и в самом деле пытается характеризовать жизнь как средство уменьшения энтропии. Окажись это правдой, и Вселенная не двигалась бы больше к тепловой смерти, так как, где бы жизнь ни проявляла свое воздействие, она бы автоматически вела к уменьшению энтропии. Казалось бы, это очевидно, однако это совсем не так. Жизнь – не средство уменьшения энтропии, и сама по себе она не может предотвратить тепловую смерть. Подобная мысль – следствие неправильного понимания, стремления выдать желаемое за действительное.

Законы термодинамики применимы к замкнутым системам. Если для снижения энтропии используется насос, который накачивает воду наверх, насос надо рассматривать как

часть системы. Если для снижения энтропии используется холодильник, который охлаждает объект ниже комнатной температуры, холодильник надо рассматривать как часть системы. Нельзя считать, что насос или холодильник существуют сами по себе. К чему бы они ни были подключены, каким бы ни был источник их энергии, они должны рассматриваться как часть системы.

В любой момент, когда люди или орудия людей своими действиями уменьшают энтропию и поворачивают вспять спонтанное явление, оказывается, что люди и орудия, занятые в процессе, подвержены увеличению энтропии. Кроме того, увеличение энтропии людей и их орудий неизменно больше, чем уменьшение энтропии той части системы, в которой спонтанное явление поворачивается в обратном направлении. Поэтому энтропия всей системы возрастает, всегда возрастает.

Разумеется, отдельный человек может за свою жизнь повернуть вспять очень много спонтанных явлений; люди, работая сообща, создали огромную технологическую сеть, которая охватывает всю Землю – от пирамид Египта и Великой китайской стены до самых современных небоскребов и плотин. Могут ли люди, подверженные такому огромному росту энтропии, продолжать существование?

Однако нельзя рассматривать человека самого по себе. Он не образует замкнутой системы. Человек ест, пьет, дышит, удаляет отходы, и все это – каналы связи со внешней

Вселенной, по которым поступает или уходит энергия. Если рассматривать человека как замкнутую систему, надо учитывать также, что он ест, пьет, дышит и удаляет отходы.

Энтропия человека возрастает, когда он поворачивает спонтанные явления, и «заводит» ту часть незаведенной Вселенной, которой может достичь. При этом, как я уже сказал, его энтропия возрастает на большую величину, чем то уменьшение, которое он вызывает. И это несмотря на то, что человек постоянно уменьшает свою энтропию, когда принимает пищу, пьет, дышит и удаляет отходы. (Уменьшение неполное, конечно; в конце концов все люди умирают, и неважно, насколько успешно они избегают несчастных случаев и болезней, потому что медленное возрастание энтропии ничем не может быть компенсировано.) Вместе с тем возрастание энтропии в пище, воде, воздухе и удаляемых частях системы опять-таки значительно больше, чем уменьшение энтропии в самом человеке. Для всей системы остается в силе возрастание энтропии.

Фактически не только люди, но и вся животная жизнь процветают и поддерживают свою энтропию на низком уровне за счет огромного возрастания энтропии своей пищи, которая в конечном счете состоит из растительности. Как же тогда растительный мир продолжает существовать? Он же не может долго существовать, если его энтропия так сильно и постоянно возрастает.

Благодаря процессу, известному как «фотосинтез», рас-

тительный мир производит пищу и кислород (ключевой элемент воздуха), которыми живет животный мир. Это происходит на протяжении миллиардов лет. Но растительный и животный мир, взятые в целом, тоже не замкнутая система. Энергию, которая управляет производством ими пищи и кислорода, растения получают из солнечного света.

Следовательно, именно солнечный свет делает возможной жизнь, и само Солнце должно быть включено в жизненную систему как ее часть, прежде чем к жизни могут быть применены законы термодинамики. Оказывается, энтропия Солнца постоянно возрастает на величину, намного превышающую любое уменьшение энтропии, которое может быть вызвано жизнью. Следовательно, суммарное изменение энтропии системы, включающей жизнь и Солнце, является резко выраженным и неизменным возрастанием. Огромное уменьшение энтропии, представляемое биологической эволюцией, сравнимо только с рябью на приливной волне возрастания энтропии, представляемой Солнцем, и сосредоточиться на ряби, не обращая внимания на приливную волну, – значит совершенно не понимать фактов термодинамики.

Люди, помимо пищи, которую они едят, и кислорода, которым дышат, используют и другие источники энергии. Они используют энергию ветра и текущей воды, но оба этих источника – это продукты Солнца, так как ветры возникают вследствие неравномерного нагревания Земли Солнцем, а текущая вода берет начало с испарения Солнцем океанской

влаги.

Для получения энергии люди сжигают топливо. Топливом может быть древесина и другие растительные продукты, обязанные своей энергией солнечному свету. Это может быть жир или другие животные продукты, а животные питаются растениями. Это может быть каменный уголь, который является продуктом растений прошлых периодов. Это может быть нефть, являющаяся продуктом микроскопического животного мира прошлых периодов. Все эти виды топлива связаны с Солнцем.

На Земле существует энергия, которая исходит не от Солнца. Имеется энергия внутреннего тепла Земли, которая проявляется в горячих источниках, гейзерах, землетрясениях, вулканах, подвижках земной коры. Имеется энергия вращения Земли, о чем свидетельствуют приливы и отливы. Есть энергия неорганических химических реакций и радиоактивности.

Все эти источники энергии производят изменения, но в каждом случае энтропия возрастает. Радиоактивные материалы медленно распадаются, и, как только их тепло перестанет добавляться к внутреннему запасу тепла Земли, Земля начнет остывать. Приливо-отливное трение постепенно замедляет вращение Земли и так далее. Даже Солнце в конечном счете израсходует свой запас энергии для производства работы, так как и его энтропия возрастает. А биологическая эволюция последнего, более чем трехмиллиардно-



го периода, представляющая столь замечательно уменьшающий энтропию процесс, действует на основе возрастания энтропии всех прочих источников энергии. Может показаться, что прекратить это возрастание невозможно.

Представляется, что в отдаленной перспективе ничто не может сдержать возрастающий уровень энтропии или предотвратить достижение им максимума, момента, когда наступит тепловая смерть Вселенной. И если бы люди могли избежать всех остальных катастроф и каким-то образом просуществовать еще триллионы лет, то неужели они смиряются и погибнут с тепловой смертью?

Исходя из сказанного мною, казалось бы, так оно и есть.

## **Движение наугад**

Все же есть нечто сомнительное в этой картине неуклонного возрастания энтропии Вселенной; ведь то же самое происходило, если мы заглянем на какое-то время назад.

Поскольку энтропия Вселенной неуклонно возрастает, миллиард лет назад она была меньше, чем сейчас, два миллиарда лет назад – еще меньше и так далее. Если мы обратимся назад достаточно далеко, то в определенный момент энтропия Вселенной должна была быть нулевой.

Астрономы в настоящее время считают, что начало Вселенной отстоит от нас на 15 миллиардов лет. По первому началу термодинамики энергия Вселенной вечна, так что, ко-

гда мы говорим о начале Вселенной 15 миллиардов лет назад, мы не имеем в виду, что тогда была создана энергия (включая материю). Энергия всегда существовала. Все, что мы можем сказать, это то, что 15 миллиардов лет назад начали тикать и замедлять ход «часы-энтропия». Что же их «завело»?

Чтобы ответить на этот вопрос, давайте вернемся к двум моим примерам со спонтанным возрастанием энтропии – воде, перетекающей из полного сосуда в почти пустой, и теплу, перетекающему от горячего тела к холодному. Я подразумевал, что эти два примера строго аналогичны, что тепло такая же жидкость, как и вода, и ведет себя таким же образом. В этой аналогии все же есть проблемы. Конечно, легко увидеть, что происходит с водой в двух сосудах и как происходит. На воду действует гравитация. Вода, реагируя на неравенство гравитационных полей в двух сосудах, течет из полного сосуда в почти пустой. Когда в каждом сосуде вода достигает одинакового уровня, гравитационное поле в обоих сосудах уравнивается, и переток воды прекращается. Но что же это такое – то, что аналогично гравитации воздействует на тепло и перетягивает его из горячего тела в холодное? Прежде чем ответить на этот вопрос, нам надо выяснить, что такое тепло.

В восемнадцатом веке тепло, как и воду, считали жидкостью, только значительно более эфирной и, следовательно, способной просачиваться и выступать из мельчайших пор

твердых тел подобно тому, как вода впитывается губкой и выжимается из нее.

В 1798 году американец британского происхождения, физик Бенджамин Томпсон граф Румфорд (1753—1814), изучая появление тепла от трения при сверлении орудийных стволов, предположил, что тепло представляет собой движение очень маленьких частиц. В 1803 году английский химик Джон Дальтон (1766—1844) предложил атомную теорию строения материи. Вся материя состоит из атомов, сказал он. С точки зрения Румфорда, именно движение этих атомов и является теплом.

Примерно в 1860 году шотландский математик Джеймс Кларк Максвелл (1831—1879) создал «кинетическую теорию газа», объясняя, как истолковать его поведение в свете атомно-молекулярного строения. Максвелл показал, что движение этих крошечных частиц, беспорядочно движущихся во всех направлениях и сталкивающихся друг с другом и со стенками вмещающего их сосуда, объясняет законы, управляющие поведением газа, которые были выработаны за два предшествовавших столетия.

В объеме любого газа атомы или молекулы двигаются с различными, широкого диапазона скоростями. Однако средняя скорость в горячей газе выше, чем в холодном. Собственно, то, что мы называем температурой, соответствует средней скорости частиц, из которых состоит газ. (Это верно и по отношению к жидкостям, и по отношению к твердым

телам, только в жидкостях и твердых телах составляющие их частицы вибрируют, а не перемещаются полностью.) В целях упрощения аргумента, который следует ниже, предположим, что во всяком образце материи при данной температуре составляющие его частицы движутся (или вибрируют) со средней скоростью, характерной для этой температуры.

Представьте себе горячее тело (газообразное, жидкое или твердое), приведенное в контакт с холодным телом. Частицы на краю горячего тела будут сталкиваться с частицами на краю холодного тела. Быстрая частица горячего тела столкнется с медленной частицей холодного тела, затем эти две частицы отскочат друг от друга. Общий момент двух частиц остается одинаковым, но может произойти перенос момента с одной частицы на другую. Другими словами, две частицы могут расстаться с иными скоростями, чем те, с которыми они столкнулись.

Возможно, быстрая частица отдаст какую-то часть своего момента медленной частице, так что медленная частица, отскочив, будет двигаться быстрее. Возможно также, что медленная частица отдаст часть своего момента быстрой частице и, отскочив, будет двигаться медленнее, а быстрая частица, отскочив, будет двигаться еще быстрее.

Простой случай определяет, в каком направлении произойдет перенос момента, но больше шансов на то, что момент перенесется с быстрой частицы на медленную, и быстрая частица отскочит медленнее, а медленная частица отско-

чит быстрее, чем до столкновения.

Почему? Да потому, что число путей, по которым момент может перейти от быстрой частицы к медленной, больше, чем число путей, по которым момент может перейти от медленной частицы к быстрой. Если все различные пути равновероятны, тогда больше шансов, что один из многих возможных переносов момента от быстрой частицы к медленной будет осуществлен скорее, чем один из немногих возможных переносов от медленной частицы к быстрой.

Чтобы лучше понять, почему это так, представьте себе пятьдесят фишек в коробке, все одинаковые, пронумерованные от 1 до 50. Возьмите одну наугад и представьте себе, что выбрали фишку 49. Это – большое число и представляет собой быстро движущуюся частицу. Положите фишку назад в коробку (которая моделирует столкновение) и выберите наугад еще одну фишку (номер которой моделирует скорость частицы). Вы могли бы выбрать опять 49 и отскочили бы с той же скоростью, с которой столкнулись. Или вы могли бы выбрать 50 и отскочить даже быстрее, чем столкнулись. Или вы могли бы выбрать любой номер от 1 до 48 – сорок восемь возможностей различного выбора, и в каждом из этих сорока восьми случаев вы бы отскочили медленнее, чем столкнулись.

Выбрав для начала номер 49, вы получили для отскакивания с более высокой скоростью лишь 1 шанс из 50. Шансов отскочить медленнее у вас оказалось 48 из 50.

Ситуация поменялась бы на обратную, если бы для начала вам достался номер 2. Он бы представлял собой очень малую скорость. Если бы вы бросили эту фишку назад и вытащили бы наугад другую, у вас был бы только 1 шанс из 50 выбрать номер 1 и отскочить медленнее, чем вы столкнулись, и в то же время у вас было бы 48 шансов из 50 выбрать любой номер от 3 до 50 и отскочить быстрее, чем вы столкнулись.

Если вы представите себе еще десять человек, каждый из которых вытаскивает фишку 49 из отдельной, предназначенной ему коробки, и бросает ее назад, чтобы снова попытаться счастья, шансов, что все они вытащат 50 и что все отскочат быстрее, чем сталкивались, будет один из сотни миллионов миллиардов. С другой стороны, два шанса из трех, что каждый из Десяти в отдельности отскочит с более низкой скоростью.

И, наоборот, если бы те же самые десять человек для начала вытащили бы каждый по фишке с номером 2 и снова попытались бы счастья, ситуация поменялась бы на обратную.

Этим людям совершенно не обязательно выбирать одинаковые числа. Допустим, большое количество людей выбирают фишки, и у них оказываются совершенно разные номера, но среднее число довольно высокое. Если они вытащат еще по фишке, то гораздо более вероятно, что среднее число будет ниже, а не выше. Чем больше будет людей, тем более определено, что среднее число будет ниже.

То же самое можно сказать и о людях, доставших фишки

и обнаруживших, что у них довольно низкий средний номер. При повторной попытке они, скорее всего, вытащат номер выше среднего. Чем больше людей, тем больше вероятность, что среднее число будет выше.

В любых телах, достаточно больших, чтобы на них можно было производить опыты в лаборатории, количество атомов или молекул в каждом не десять, и не пятьдесят, и даже не миллион, а миллиарды триллионов. Если эти миллиарды триллионов частиц в горячем теле имеют высокую среднюю скорость и если миллиарды триллионов частиц в холодном теле имеют низкую скорость, тогда очень много шансов на то, что беспорядочные столкновения этой массы частиц уменьшат среднюю скорость частиц в горячем теле и увеличат среднюю скорость частиц в холодном теле.

Как только средняя скорость частиц станет одинаковой в обоих телах, тогда и момент, вероятно, передастся как в одном направлении, так и в другом. Одни частицы будут двигаться быстрее, другие – медленнее, но средняя скорость (а следовательно, и температура) станет одинаковой.

Это дает нам ответ на вопрос, почему тепло течет от горячего тела к холодному, и почему оба тела достигают одинаковой температуры и сохраняют ее значение. Это просто следствие закона вероятности, естественно вытекающее из слепых случайностей.

Вот, собственно, почему энтропия Вселенной неуклонно возрастает. Существует очень много путей, связанных с рав-

номерным распределением энергии, намного больше тех, которые делают ее распределение более неравномерным, поэтому невероятно высоки шансы, что изменения будут идти в направлении возрастания энтропии, и путь к этому не что иное, как слепой случай.

Иными словами, второе начало термодинамики указывает не на то, что должно произойти, а только на то, что произойдет с подавляюще большой вероятностью. Здесь есть существенная разница. Если энтропия должна увеличиваться, то она никогда не уменьшится. Если энтропия лишь скорее всего увеличивается, то она скорее всего не уменьшится, но в конечном счете, если мы подождем достаточно долго, даже почти невероятное может произойти. Фактически, если мы подождем достаточно долго, оно должно произойти.

Представим себе Вселенную в состоянии тепловой смерти. Мы можем вообразить ее огромным, возможно, беспредельным трехмерным морем частиц, вовлеченных в бесконечную игру столкновений и отскакиваний отдельных частиц, одни из которых движутся быстрее, другие – медленнее, но с остающейся неизменной средней скоростью.

Время от времени в небольшой области соседствующих частиц развивается довольно высокая внутренняя скорость, в то же время в другой области на некотором расстоянии от первой устанавливается довольно низкая скорость. Общая средняя скорость во Вселенной не меняется, но у нас появилась область с низкой энтропией, и становится возможным



некоторое небольшое количество работы, до тех пор пока эти области не уравниются, что произойдет через некоторое время.

То и дело на какое-то продолжительное время образуется большая неравномерность, произведенная этими случайными столкновениями, и опять, за еще более продолжительное время, еще большая неравномерность. Мы можем себе представить, что иногда, за триллион триллионов лет, образуется такая неравномерность с очень низкой энтропией в области размером со Вселенную. Для области размером со Вселенную с очень низкой энтропией, чтобы снова выравняться, требуется очень длительное время – триллион лет или более.

Возможно, подобное произошло с нами. В бесконечном море тепловой смерти благодаря действию слепого случая вдруг возникла Вселенная с низкой энтропией, а в процессе возрастания энтропии и выравнивания она обособилась в Галактики, звезды, планеты, породила жизнь и интеллект. И вот мы теперь интересуемся всем этим.

Таким образом и за окончательной катастрофой – тепловой смертью – может последовать возрождение, как и при сильнейших катастрофах, описанных в Откровении и скандинавских мифах.

Так как первое начало термодинамики представляется абсолютным, а второе начало термодинамики представляется только статистическим, есть вероятность существования бесконечного ряда вселенных, отделенных друг от друга во-

ображаемыми эрами времени, только не найдется никого и ничего для измерения времени, и никаких способов в отсутствие возрастающей энтропии для его измерения, если бы даже и существовали необходимые приборы и пытливые умы. Следовательно, можно сказать: есть вероятность существования бесконечного ряда вселенных, отделенных друг от друга бесконечными интервалами.

А как на это проецируется человеческая история?

Предположим, что люди каким-то образом переживут все другие возможные катастрофы и что род человеческий проживет еще триллионы лет, прежде чем Вселенную постигнет тепловая смерть. Скорость возрастания энтропии по мере приближения к тепловой смерти неуклонно будет падать, но области со сравнительно низкой энтропией (области, малые по сравнению со Вселенной, но по человеческим масштабам очень большие) оставались бы то тут, то там.

Если мы допустим, что человеческая технология за триллион лет будет развиваться более или менее неуклонно, то люди должны оказаться способными воспользоваться этими областями низкой энтропии, обнаруживая и используя их, как мы сейчас обнаруживаем и используем месторождения золота. Эти области, продолжая истощаться, могли бы при этом поддерживать человечество миллиарды лет. Конечно, люди могли бы прекрасно находить новые области низкой энтропии, случайно образующиеся в море тепловой смерти, и использовать их, продолжая таким образом существо-

вать вечно, хотя и в ограниченных условиях. Затем, наконец, шанс предоставит область низкой энтропии размером со Вселенную, и люди смогут повторить относительно безграничную экспансию.

А если взять последнюю крайность, люди могут поступить так, как я описал в моем научно-фантастическом рассказе «Последний вопрос», впервые опубликованном в 1956 году, и попытаться открыть способы вызвать массивированное уменьшение энтропии, предотвращая таким образом тепловую смерть, либо обдуманно обновить Вселенную, если тепловая смерть уже на пороге.

Вопрос, однако, в том, будет ли человечество еще существовать в те времена, когда тепловая смерть станет проблемой, не сметет ли нас, на самом деле, какая-либо более ранняя катастрофа другого вида?

Вот вопрос, на который мы будем искать ответ в нашей книге.

# 3. Крушение Вселенной

## Галактики

Мы только что рассуждали о том, как, казалось бы, должна была вести себя Вселенная в соответствии с законами термодинамики. Теперь время взглянуть на собственно Вселенную, чтобы выяснить, не заставит ли это нас изменить наши выводы. Для этого посмотрим, как развивалось представление о Вселенной до того наиболее полного, которое мы смогли получить только в двадцатом веке.

В древнейшие времена взгляд человека на Вселенную ограничивался тем, что можно было видеть, и это было очень немного. Сначала Вселенная представлялась маленьким клочком поверхности Земли, над которым небо и все, что на нем было, выглядело просто куполом.

Греки первыми признали, что Земля – шар, они даже получили представление о его истинном размере. Они установили, что Солнце, Луна и планеты движутся по небу самостоятельно, независимо от других объектов, и определили их орбиты. Звезды, по их мнению, находились все в единой, наиболее далекой сфере и считались просто фоном. Даже когда Коперник отправил Землю нестись вокруг Солнца, и появление телескопа раскрыло интересные детали по части

планет, знание людей в действительности не простиралось за пределы Солнечной системы. Даже в восемнадцатом веке звезды все еще были не более чем фон. Только в 1838 году немецкий астроном Фридрих Вильгельм Бессель (1784—1846) установил расстояние до одной из звезд, и был принят масштаб для измерения расстояний между звездами.

Свет движется со скоростью примерно 300 000 километров в секунду (Однако, как учил Эйнштейн, в мире все относительно. В 1997 году исследователи Амстердамского университета с помощью расположенных в Англии радиотелескопов зафиксировали взрыв в одной из черных дыр, находящейся в центре квазара G. S. R. 1915 (примерно на расстоянии 40 000 световых лет от Земли). Масса этой дыры во много раз больше массы нашего Солнца. Так вот, эта дыра после взрыва выбрасывает из своего Центра раскаленную массу порой со скоростью, превышающей скорость света), и за год, следовательно, пройдет 9,44 триллиона километров. Это расстояние получило название светового года, и даже самая близкая к нам звезда находится на расстоянии 4,4 световых лет. Среднее расстояние между соседствующими с нами звездами составляет 7,6 световых лет.

Звезды не представляются рассеянными по Вселенной равномерно. В кольцеобразном поясе, окружающем небо, существует так много звезд, что они сливаются в слабо светящийся туман, называемый Млечный Путь. На других участках неба звезд, по сравнению с ним, мало.

В девятнадцатом веке стало ясно, что звезды располагаются в форме линзы, ширина которой гораздо больше, чем ее толщина, толще в середине и тоньше по направлению к краю. Мы теперь знаем, что этот линзообразный конгломерат звезд имеет 100 000 световых лет в поперечнике в самом широком месте и содержит до 300 миллиардов звезд со средней массой примерно в половину нашего Солнца. Этот конгломерат называется Галактикой, от греческого выражения «Млечный Путь».

В девятнадцатом веке полагали, что Галактика – это все, что есть во Вселенной. Казалось, в небе нет ничего такого, что было бы вне ее, за исключением Магеллановых облаков. Эти объекты южного неба (невидимые в северном умеренном поясе) выглядели отдельными фрагментами Млечного Пути. Они оказались небольшими конгломератами звезд, которые находятся как раз вне Галактики. Решили, что это галактики-спутники нашей Галактики.

Еще одним подозрительным объектом была Туманность Андромеды, тусклая, плохо различимая невооруженным глазом. Некоторые астрономы считали, что это просто светящееся облако газа, которое является частью нашей Галактики. Но если так, почему внутри него не было звезд, которые являлись бы источником света? (Звезды были видны в других облаках газа, принадлежащих Галактике.) К тому же природа свечения этого облака представлялась светом звезд, а не светом люминесцирующего газа. И вдруг новые (неожиданные)

данно вспыхивающие) звезды стали появляться в ней с удивительной частотой, новые звезды, которые не были видны при своей обычной яркости. Находилось достаточно доказательств того, что Туманность Андромеды – такой же конгломерат звезд, как Галактика, но настолько удаленный от нас, что ни одна отдельная звезда не различима, за исключением тех случаев, когда какая-нибудь вспыхивающая по какой-то причине звезда становится настолько яркой, что оказывается видимой. Наиболее решительным последователем этого взгляда был американский астроном Хебер Дуст Куртис (1872—1942), который провел специальное исследование новых звезд в Туманности Андромеды в 1917 и 1918 годах.

Тем временем в 1917 году в Маунт-Вильсоне, около Пасадены, в Калифорнии был установлен новый телескоп со 100-дюймовым зеркалом (самый крупный и самый лучший в мире по тем временам). С помощью этого телескопа американскому астроному Эдвину Пауэллу Хабблу (1889—1953) наконец удалось различить отдельные звезды по краям Туманности Андромеды. Это определенно был конгломерат звезд размером с нашу Галактику, и с тех пор он был назван Галактикой Андромеды.

Теперь мы знаем, что Галактика Андромеды находится в 2,3 миллионах световых лет от нас и что существует огромное количество других галактик, простирающихся во всех направлениях на расстоянии от нас в десятки миллиардов

световых лет. Поэтому, если рассматривать Вселенную как целое, надо рассматривать ее как большой конгломерат галактик, более или менее равномерно распределенных по космосу, причем каждая галактика содержит примерно от нескольких миллиардов до нескольких триллионов звезд.

Звезды в пределах Галактики держатся вместе благодаря взаимному притяжению, и каждая галактика вращается по мере движения звезд по орбитам вокруг галактического центра. Благодаря гравитации галактики могут оставаться невредимыми и сохранять свою структуру на протяжении многих миллиардов лет.

Например, наша Галактика, Галактика Андромеды, два Магеллановых облака и свыше двадцати других галактик (большинство из них сравнительно маленькие) образуют «локальную группу». Среди других галактических скоплений, которые мы можем увидеть на небе, некоторые гораздо более значительны. Есть одно скопление в созвездии Волосы Вероники приблизительно на расстоянии 120 миллионов световых лет, которое состоит примерно из 10 000 галактик.

Возможно, Вселенная состоит из миллиарда галактических скоплений, и в каждом из них приблизительно по сотне членов.

## **Расширяющаяся Вселенная**

Несмотря на то что галактики чрезвычайно удалены от



нас, некоторые интересные вещи о них можно узнать по свету, который до нас доходит.

Видимый свет, который доходит до нас от любого горячего объекта, будь то огромное скопление галактик или комет, состоит из различной длины волн, от самых коротких, которые воздействуют на сетчатку нашего глаза, до самых длинных. Существуют приборы, которые могут отсортировать эти волны по порядку от самых коротких до самых длинных. Такие диапазоны называются «спектрами».

Волны различной длины воздействуют на наши глаза таким образом, что воспринимаются как цвета. Волны самой короткой длины представляются нам фиолетовым цветом. По мере увеличения длины волны мы видим по порядку: синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый и красный. Это знакомые нам цвета радуги, а радуга, которую мы видим в небе после дождя, является природным спектром.

Когда свет от Солнца или других звезд разлагается в спектр, в нем отсутствуют световые волны некоторой длины. Они поглощены по пути относительно холодными газами в верхней атмосфере Солнца (или других звезд). Эти отсутствующие длины волн проявляются как темные линии, пересекающие цветные диапазоны спектра.

Различные атомы в атмосфере звезды поглощают соответствующие только для них длины волн. Местонахождение характерных для каждого вида атомов длин волн в спектре можно точно определить в лаборатории, и по темным линии-

ям в спектре любой звезды можно получить информацию о ее химическом составе.

Еще в 1842 году австрийский физик Христиан Йоган Допплер (1803—1853) доказал, что, когда тело издает звук определенной длины волны, эта волна удлиняется, если тело движется от нас, и укорачивается, если тело движется к нам. В 1848 году французский физик Арманд И. Л. Физо (1819—1896) применил этот принцип к свету.

В соответствии с эффектом Допплера-Физо длина световых волн, испускаемых звездой, которая удаляется от нас, больше, чем если бы звезда была неподвижным объектом. Это касается и темных линий, которые сдвигаются по направлению к красному концу спектра («красное смещение») относительно того, где они обычно должны находиться. В случае движения звезды в нашу сторону, темные линии сдвигаются к фиолетовому концу спектра.

Определяя положение темных линий спектра той или иной звезды, можно установить не только факт движения звезды к нам или от нас, но и с какой скоростью звезда движется, потому что чем быстрее звезда Удаляется или приближается, тем больше смещение темных линий. Эта идея впервые была использована в 1868 году английским астрономом Уильямом Хаггинсом (1824—1910), который обнаружил красное смещение в спектре звезды Сириус и определил, что она удаляется от нас с умеренной скоростью. По мере того как все больше и больше звезд испытывалось по-

добным образом, выяснилось, что некоторые приближаются к нам, некоторые удаляются, чего и следовало ожидать, если Галактика в целом не приближается к нам и не удаляется.

В 1912 году американский астроном Весто Мелвин Сливфер (1875—1969) начал осуществлять проект по определению смещения темных линий различных галактик (даже еще до того, как было точно установлено, что маленькие светящиеся облака являются галактиками).

Можно было предположить, что галактики, как и звезды, тоже с какой-то скоростью удаляются и с какой-то скоростью приближаются; и, конечно, это оказалось верно для галактик нашей локальной группы. К примеру, первой галактикой, изученной Сливфером, была Галактика Андромеды, и было установлено, что она приближается к нашей Галактике со скоростью примерно 50 километров в секунду.

Галактики за пределами нашей локальной группы, тем не менее, проявили удивительное единообразие. Сливфер и те, кто за ним последовал, установили, что во всех случаях свет от этих галактик обладает красным смещением. Все, как одна, они удаляются от нас с необычайно высокой скоростью. В то время как звезды нашей Галактики движутся как бы относительно друг друга и со скоростью несколько десятков километров в секунду, даже довольно близкие галактики за пределами нашей локальной группы удаляются от нас со скоростью в несколько сот километров в секунду. Более того, чем слабее различима галактика (и предположительно, чем

более она удалена), тем скорее она удаляется от нас.

К 1922 году Хаббл (который за пять лет до этого обнаружил звезды в Галактике Андромеды) доказал, что скорость удаления пропорциональна расстоянию. Так, если галактика А удалена от нас на расстояние в три раза большее, чем галактика Б, значит, галактика А удаляется от нас со скоростью в три раза большей, чем галактика Б. Как только это было установлено, расстояние до галактик стало возможно измерять просто путем измерения величины красного смещения.

Но почему все галактики удаляются от нас? Чтобы объяснить это всеобщее удаление без предположения о наличии какого-либо особого качества у нас, оставалось только принять тот факт, что Вселенная расширяется и что расстояние между соседними скоплениями галактик постоянно увеличивается. А если это так, то с любой наблюдательной станции в пределах нашего скопления галактик, а не только со станции в нашей Галактике, все другие скопления галактик должны казаться удаляющимися со скоростью, которая неуклонно увеличивается с расстоянием.

Но почему Вселенная расширяется? Если представить себе, что время движется вспять (то есть если предположить, что мы сняли фильм о расширяющейся Вселенной, а потом прокручиваем его назад), галактические скопления окажутся приближающимися друг к другу и в конечном счете объединяющимися.

Бельгийский астроном Жорж Леметр (1894—1966) пред-

положил в 1927 году, что давно, в какой-то момент времени, все вещество Вселенной было уплотнено в единый объект, который он назвал «космическим яйцом». Оно взорвалось, и из осколков его образовались галактики. Поэтому расширяющаяся Вселенная из-за силы давнего взрыва до сих пор продолжает расширяться. Американский физик русского происхождения Джордж Гамов (1904—1969) назвал этот изначальный взрыв «Большим взрывом», и теперь все используют это выражение. Астрономы считают, что Большой взрыв произошел примерно 15 миллиардов лет назад. Энтропия космического яйца была очень низкой, и с момента Большого взрыва она начала возрастать, а энергия Вселенной истощаться, как описано в предыдущей главе.

Действительно ли Большой взрыв имел место?

Чем дальше мы проникаем в обширные глубины Вселенной, тем дальше заглядываем в прошлое. В конце концов на такое «путешествие» требуется световое время. Если бы мы могли увидеть то, что было за миллиард лет до нас, то свету, который мы бы увидели, понадобился бы миллиард лет, чтобы дойти до нас, и тогда объект, который мы бы увидели, был бы таким, каким он был миллиард лет назад. Если бы мы могли видеть то, что было в 15 миллиардах световых лет от нас, мы бы увидели то, что было за 15 миллиардов лет до нас во время Большого взрыва.

В 1965 году А. А. Пенциас и Р. В. Вильсон из «Белл Телефон Лаботорис» обнаружили еле уловимые радиовол-

ны, равномерно поступающие со всех сторон неба. Этот радиоволновой фон, по всей вероятности, является радиацией Большого взрыва, его отголоском, дошедшим до нас через 15 миллиардов световых лет. Это открытие было принято как весомое свидетельство в пользу Большого взрыва.

Будет ли Вселенная вечно расширяться в результате этого чудовищного изначального взрыва? Я далее остановлюсь на возможности этого, но пока давайте предположим, что Вселенная и впрямь будет расширяться вечно. В таком случае как это скажется на нас? Грозит ли безграничное расширение Вселенной катастрофой?

Визуально, по крайней мере, – нет. Все без исключения, что мы видим на небе невооруженным глазом, включая Магеллановы облака и Галактику Андромеды, является частями нашей локальной группы. Все части локальной группы держатся вместе гравитационно и не участвуют в общем расширении.

Что же тогда это значит? Это означает то, что, несмотря на непрекращающееся расширение Вселенной, наше видение неба от этого не изменится. Будут в ней иные изменения, по иным причинам, но в целом наша локальная группа, содержащая свыше половины триллиона звезд, будет оставаться неизменной.

По мере расширения Вселенной астрономы будут иметь все больше и больше трудностей в различении галактик вне локальной группы и наконец совершенно потеряют их. Все

галактические скопления удалятся на такое расстояние и будут двигаться от нас с такой скоростью, что уже не смогут воздействовать на нас никаким образом. Наша Вселенная будет состоять только из нашей локальной группы и будет составлять всего лишь одну пятнадцатимиллиардную часть своей теперешней величины.

Станет ли катастрофой это огромное сокращение нашей Вселенной по размеру? Непосредственно, вероятно, нет, но это повлияло бы на нашу способность разобраться с тепловой смертью.

Сравнительно маленькая Вселенная имела бы меньше шансов образовать большую область низкой энтропии, и она никак бы не могла образовать своего рода космическое яйцо, которое положило начало нашей Вселенной. Для этого не было бы достаточной массы. Чтобы привести какую-нибудь аналогию, скажем, было бы гораздо меньше шансов найти золотую жилу, копая на своем заднем дворе, нежели при возможности копать где угодно на всей поверхности Земли.

Таким образом, безграничное расширение Вселенной значительно уменьшает вероятность того, что люди уцелеют при тепловой смерти – прежде всего, если оно продлится долгое время.

В сущности, испытываешь сильное искушение сказать, что этого не произойдет: сочетание беспредельного расширения и тепловой смерти – это уже слишком много для рода человеческого и ведет к поражению даже при наиболее оп-

тимистической трактовке событий.

Но это еще не все. А не может ли удаление галактических скоплений так изменить свойства Вселенной, что вызовет катастрофу прежде, чем наступит тепловая смерть?

Некоторые физики высказывают предположение, что гравитация является продуктом всей массы Вселенной, действующей совместно, а не только продуктом отдельных тел. Чем больше общая масса Вселенной концентрируется в меньшие объемы, тем более интенсивно гравитационное поле, образуемое любым данным телом. Равным образом, чем более рассредоточивается масса, тем слабее гравитационная сила, образуемая данным телом.

Поскольку Вселенная расширяется, масса Вселенной распределяется на все больший и больший объем, и интенсивность единичных гравитационных полей, создаваемых различными телами Вселенной, должна, согласно нашим рассуждениям, постепенно уменьшаться. Эта идея впервые была высказана английским физиком Полем А. М. Дираком (1902—1984).

Это было бы очень медленное уменьшение, и его результаты не были бы заметны людям на протяжении многих миллионов лет, но результат постепенно накапливался бы. Солнце, например, удерживается в целостности благодаря гравитационному полю. Если бы гравитационная сила стала слабее, Солнце бы медленно расширялось и стало холоднее, то же произошло бы и с другими звездами. Сила притяжения



Солнца стала бы ослабевать, и постепенно Земля пошла бы по спирали прочь со своей орбиты. Сама Земля при ослаблении собственной гравитации стала бы медленно расширяться и так далее. Тогда в будущем мы могли бы столкнуться с тем, что температура Земли благодаря удалению от Солнца и охлаждению могла бы упасть и заморозить нас. Этот и другие результаты могли бы привести нас к концу еще до того, как наступит тепловая смерть.

Тем не менее до сих пор ученым не удалось обнаружить какого-либо явного признака, что гравитация со временем ослабевает или что в прошедшие времена Земля была более плотной. Вероятно, еще слишком рано говорить об этом и следует подождать других доказательств, прежде чем удостоверить в возможности того или иного пути, но я не могу отделаться от ощущения, что идея ослабевающей гравитационной силы несостоятельна. Если бы это было так, Земля становилась бы все холоднее, к тому же она была бы горячее в прошлом, а признаков этого не обнаруживается. К тому же гравитационные поля были бы все сильнее и сильнее по мере нашего продвижения в прошлое, а во времена космического яйца они были бы настолько сильны, что, по-видимому, космическое яйцо вообще не могло бы взорваться и разбросать свои осколки из-за напряжения невообразимо сильного гравитационного поля (Действительно, мы скоро увидим, что это еще вопрос, мог ли вообще иметь место Большой взрыв, если учесть существующую в настоящее время

интенсивность гравитационного поля.).

## Сжимающаяся Вселенная

Но погодите, можем ли мы быть уверены, что Вселенная вечно будет расширяться только потому, что она расширяется сейчас?

Предположим, например, что мы смотрим на брошенный мяч,двигающийся вверх от Земли. Он неуклонно движется вверх, но со скоростью, которая неуклонно уменьшается. Мы знаем, что в конце концов его скорость снизится до нуля и что затем он будет двигаться вниз все быстрее и быстрее.

Причина этого в том, что сила гравитации Земли неумолимо тянет мяч вниз, сначала снижая его начальный импульс двигаться вверх, пока он полностью не будет погашен, затем постоянно ускоряя движение мяча вниз. Если бы мяч был брошен вверх сильнее, гравитации понадобилось бы больше времени для противодействия первоначальному импульсу. Мячу удалось бы достигнуть большей высоты, прежде чем прийти в неподвижное состояние и затем начать падать.

Можно подумать, что не имеет значения, насколько сильно мы бросили кверху мяч, в конечном счете он все равно придет в неподвижное состояние и возвратится обратно под неумолимым воздействием гравитации. По сути дела так и гласит народная мудрость: «Что наверх попало, то и вниз упало». Это было бы верно, если бы действие гравитации бы-

ло постоянным на всем пути вверх. Но это не так.

Воздействие земной гравитации снижается как квадрат расстояния от центра Земли. Объект на поверхности Земли, грубо говоря, находится на расстоянии 6400 километров от ее центра. Объект, находящийся в 6400 километрах над земной поверхностью, будет в два раза дальше от ее поверхности и воздействие на него гравитации составляло бы только  $1/4$  того, что на поверхности.

Объект может быть брошен вверх с такой большой скоростью, что по мере его движения вверх гравитация снижается настолько быстро, что она никогда не будет достаточно сильной, чтобы понизить его скорость до нуля. В подобных случаях объект не возвращается вниз, а навсегда покидает Землю. Минимальная скорость, при которой это происходит, это «скорость исчезновения» или вторая космическая скорость, для Земли она составляет 11,23 километра в секунду.

Вселенную тоже можно рассматривать как имеющую вторую космическую скорость. Галактические скопления притягивают друг друга гравитационно, но в результате Большого взрыва движутся в разные стороны против силы гравитации. Это значит, что мы можем рассчитывать на то, что сила гравитации замедлит мало-помалу расширение Вселенной и доведет его до полной остановки. Как только это произойдет, галактические скопления под действием своего собственного гравитационного притяжения начнут приближаться друг к другу, и таким образом начнет существование сжимающа-

яся Вселенная. Тем не менее, раз галактические скопления двигаются друг от друга, сила гравитации каждого скопления на своих соседей должна уменьшаться. Если бы расширение оказалось достаточно быстрым, взаимное притяжение снизилось бы до такой степени, что ему никогда бы не удалось довести расширение до остановки. Минимальная скорость расширения, необходимая для предотвращения этой остановки, – это скорость исчезновения, вторая космическая скорость для Вселенной.

Если галактические скопления отдаляются друг от друга со скоростью большей, чем установленная для них вторая космическая скорость, то они будут отдаляться и Вселенная будет вечно расширяться, пока не достигнет тепловой смерти. Это будет «разомкнутая Вселенная» типа той, о которой мы рассуждали в предыдущей главе. Если галактические скопления разбегаются со скоростью меньше второй космической, расширение постепенно дойдет до остановки. Тогда со временем начнется сжатие, и Вселенная сформирует космическое яйцо, которое разлетится в новом Большом взрыве. Это будет «замкнутая Вселенная» (иногда называемая «осциллирующей Вселенной», то есть колеблющейся, от англ. *oscillate* – качаться, колебаться.).

Вопрос тогда состоит лишь в том, расширяется ли Вселенная со скоростью, которая выше второй космической скорости для Вселенной. Мы знаем скорость расширения, и, если бы мы знали величину этой второй космической скорости,

мы бы имели ответ.

Эта вторая космическая скорость зависит от гравитационного притяжения космических скоплений друг к Другу а это, в свою очередь, зависит от массы отдельных галактических скоплений и от их расстояний друг от друга. Конечно, галактические скопления имеют разные размеры и находятся на разных расстояниях друг от друга.

Следовательно, мы можем представить себе, что вещество всех галактических скоплений равномерно распределено по Вселенной. Тогда мы можем определить среднюю плотность вещества во Вселенной. Чем больше средняя плотность, тем выше скорость исчезновения для Вселенной и больше вероятность того, что галактические скопления не отдаляются друг от друга так быстро, чтобы исчезнуть, и рано или поздно наступит остановка и переход к сжатию.

И вот примерно что мы можем сейчас сказать: если бы средняя плотность Вселенной была такой, как плотность хорошего объема гостиной, содержащей массу вещества, эквивалентную массе 400 атомов водорода, то это была бы достаточно высокая плотность, чтобы сохранить Вселенную замкнутой при существующей скорости расширения.

Насколько нам, однако, известно, фактическая средняя плотность Вселенной в сто раз меньше. По определенным косвенным признакам, включая количество дейтерия (тяжелого водорода) во Вселенной, большинство астрономов убеждены, что средняя плотность не может быть намного

больше этой. Если это так, то сила гравитации также слишком мала, чтобы привести расширение Вселенной к остановке. Следовательно, Вселенная разомкнута, и расширение ее будет продолжаться до конечной тепловой смерти.

Следует заметить, что мы не вполне уверены в средней плотности Вселенной. Плотность равна массе, поделенной на объем, и, хотя мы знаем объем данной части Вселенной довольно хорошо, мы не так уверены в массе этой части.

Дело в том, что у нас есть способы расчета массы галактик, но мы не очень искусны в измерении тонкого разброса звезд, пыли и газа на дальних окраинах галактик и между галактиками. Может быть, мы существенно недооцениваем массу этого негалактического материала.

Действительно, в 1977 году гарвардские астрономы, изучающие рентгеновские лучи из космоса, обнаружили признаки того, что некоторые галактические скопления окружены звездными и пыльными гало, обладающими массой, которая в пять-десять раз больше, чем масса самой галактики. Если такие гало распространены это было бы существенной добавкой к массе Вселенной и возможность разомкнутой Вселенной, без сомнения, стала бы очень неопределенной.

Один из признаков того, что возможность гораздо большей массы Вселенной следует рассматривать серьезно, проявляется и в самих галактических скоплениях. Во многих случаях, когда масса галактических скоплений рассчитыва-

ется на базе массы составляющих ее галактик, оказывается, не находится достаточно гравитационного воздействия, чтобы удерживать скопление в целостности. Отдельные галактики приходится отделять и отбрасывать, поскольку они двигаются со скоростями выше, чем очевидная скорость исчезновения скопления. И все же эти галактические скопления кажутся гравитационно связанными. Естественный вывод состоит в том, что астрономы недооценивают общую массу скоплений, что есть масса вне собственно галактик, в которые она не входит.

Короче говоря, в то время как баланс очевидности все же сильно склоняется в пользу разомкнутой Вселенной, шансы для этого несколько снижаются. Шансы, что во Вселенной содержится достаточно массы, чтобы сделать ее замкнутой и осциллирующей, при все еще малом количестве, увеличиваются<sup>2</sup>.

Все же имеет ли смысл сжимающаяся Вселенная? Она сделает все галактики ближе друг к другу и в конце концов сформирует низко-энтропийное космическое яйцо. Разве это не будет означать, что сжимающаяся Вселенная игнорирует второе начало термодинамики? Это, конечно, противоречит ему, но не следует смотреть на это как на игнориро-

---

<sup>2</sup> Если позволить себе еще раз вмешаться со своим личным мнением, то я считаю, что разомкнутая Вселенная на самом деле невозможна по причинам, которые я раскрою в следующей главе. Я считаю, что нам стоит потерпеть, и астрономы найдут недостающую массу или какие-нибудь иные недостающие свойства, и будет принята замкнутая Вселенная.

вание.

Второе начало термодинамики, как я уже говорил, просто обобщение человеческого опыта. Наблюдая Вселенную в различных условиях, мы видим, что вроде как второе начало термодинамики никогда не нарушается; из этого мы заключаем, что оно не может быть нарушено.

Этот вывод может завести нас слишком далеко. В конце концов, неважно, как мы варьируем условия эксперимента и место наблюдения. Важно одно – то, что мы не можем поменять: все наблюдения Земли и тех самых галактик, которые мы способны обнаружить, и все условия эксперимента, которые мы можем разработать, – все без исключения имеет место в расширяющейся Вселенной. Следовательно, наиболее категоричное утверждение, которое мы можем себе позволить, – это то, что в расширяющейся Вселенной второе начало термодинамики нерушимо.

На базе наших наблюдений и экспериментов мы ничего не можем сказать точно о взаимосвязи энтропии и сжимающейся Вселенной. Мы совершенно свободны предположить, что по мере замедления расширения Вселенной ускорение возрастания энтропии станет менее непреодолимым; а вот когда начнется сжатие Вселенной, ускорение уменьшения энтропии станет непреодолимым.

Тогда мы можем также предположить, что в замкнутой Вселенной энтропия на стадии расширения, как правило, возрастает, и, весьма вероятно, что до достижения стадии



тепловой смерти произойдет поворот, и энтропия начнет уменьшаться на стадии сжатия. То есть Вселенная, подобно часам, за которыми следят, до того как остановиться, заводится и, таким образом, продолжает двигаться, так сказать, вечно. Но полагая, что Вселенная продолжает двигаться циклично, вечно, без тепловой смерти, можем ли мы быть уверены в том, что и жизнь продолжится вечно? Нет ли в этом цикле таких периодов, во время которых жизнь невозможна?

Например, представляется, что взрыв космического яйца – условие, скорее всего враждебное жизни. Вселенная в целом (состоящая только из космического яйца) в момент взрыва приобретает температуру много триллионов градусов, и только спустя определенное время температура может понизиться достаточно для того, чтобы материя сгруппировалась в галактики, чтобы сформировались планетарные системы и на подходящих планетах развилась жизнь.

Галактики, звезды, планеты и жизнь смогут существовать во Вселенной не ранее, чем приблизительно через миллиард лет после Большого взрыва. Исходя из того, что сжатие повторяет историю Вселенной наоборот, мы вправе предположить, что в течение миллиарда лет до образования космического яйца жизнь, планеты, звезды и галактики невозможны.

Таким образом, в каждом цикле, центром которого является космическое яйцо, имеется период в два миллиарда лет, когда жизнь невозможна. В каждом цикле после этого периода может образоваться новая жизнь, но она не будет иметь

никакой связи с жизнью предыдущего цикла, придет к концу перед образованием очередного космического яйца и не будет иметь связи с жизнью последующего цикла.

Задумаемся: возможно ли, чтобы во Вселенной было намного меньше триллиона звезд? Все они изливают свою энергию во Вселенную и делают это на протяжении 15 миллиардов лет. Почему же вся эта энергия не послужила нагреванию всех холодных тел Вселенной – таких планет, как наша Земля, – до высокой температуры и не сделала жизнь невозможной?

Существуют две причины, почему этого не происходит.

Во-первых, в расширяющейся Вселенной все галактические скопления движутся в разные стороны. Это означает, что свет, доходящий до любого из галактических скоплений от остальных, претерпевает красное смещение различной степени. Поскольку чем длиннее световая волна, тем ниже содержащаяся в свете энергия, красный свет означает уменьшение энергии. Поэтому излучение, исходящее от галактик, менее энергетично, чем можно было бы подумать.

Во-вторых, имеющееся во Вселенной пространство быстро увеличивается по мере ее расширения. Пространство фактически растет в объеме быстрее, чем вливаемая в него энергия может заполнить его. Поэтому вместо нагрева Вселенная неуклонно теряет температуру Большого взрыва, теперь ее температура составляет лишь около 3 градусов выше абсолютного нуля.

Для сжимающейся Вселенной ситуация поменялась бы на обратную. Галактические скопления сходились бы, и это означало бы, что свет, доходящий до любого галактического скопления от других, имел бы фиолетовое смещение различной степени и был бы намного энергетичнее, чем сейчас. Затем имеющееся во Вселенной пространство быстро бы уменьшалось, и излучение заполняло бы его быстрее, чем можно было бы ожидать. Следовательно, сжимающаяся Вселенная неуклонно нагревалась бы и, как я уже сказал, за миллиард лет до образования космического яйца была бы слишком горяча для существования жизни.

Сколько же времени осталось до образования очередного космического яйца?

Сказать это невозможно. Опять-таки это зависит от общей массы Вселенной. Предположим, масса достаточно велика, чтобы гарантировать замкнутую Вселенную. Чем больше требуемый минимум массы, тем сильнее общее гравитационное поле Вселенной и тем быстрее нынешнее расширение дойдет до остановки, и все сожмется в новое космическое яйцо.

Однако нынешняя общая масса настолько мала, что представляется вполне вероятным, что ее можно увеличить, причем достаточно значительно, чтобы обусловить замкнутую Вселенную. А это означает, что со временем скорость расширения замедлится, и когда расширение почти прекратится и под влиянием гравитации, достаточно большой, чтобы

завершить это дело, постепенно пропадут его последние следы, тогда Вселенная начнет сжиматься, и поначалу это сжатие продолжительное время будет происходить тоже очень медленно.

Мы живем в относительно короткий период быстрого расширения, а когда-то наступит относительно короткий период быстрого сжатия, каждый из них продолжительностью всего лишь несколько десятков миллиардов лет; а между ними будет длительный период, по существу, статической Вселенной.

В качестве чистой догадки мы можем представить себе, что Вселенная придет в состояние остановки приблизительно на полпути до тепловой смерти, скажем, после половины триллиона лет, и что пройдет еще половина триллиона лет до образования очередного космического яйца. В таком случае род человеческий имеет альтернативу ждать триллион лет тепловой смерти, если Вселенная не замкнута, или триллион лет до образования космического яйца, если Вселенная замкнута.

И то, и другое представляется окончательной катастрофой, но космическое яйцо куда более насильственно, куда более напоминает Апокалипсис-Рагнарек. Род человеческий предпочел бы, пожалуй, первое, но я подозреваю (всегда предполагая, что он еще долго проживет до того), что произойдет именно второе<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> И все же, чтобы не заканчивать на совсем уж траурной ноте: научный фантаст

---

Пол Андерсон в своем романе «Тау Зеро» описывает космический корабль, экипаж которого стал свидетелем и пережил формирование и взрыв космического яйца, и описывает он это с удивительно правдоподобными подробностями.

## 4. Гибель звезд

### Гравитация

При рассмотрении альтернативных катастроф тепловой смерти и космического яйца мы имели дело со Вселенной в целом и считали, что она представляет собой более или менее однородное море тонкого вещества, которое приобретало энтропию и расширялось, приближаясь к тепловой смерти, или которое теряло энтропию и сжималось в космическое яйцо. Мы полагали, что все части Вселенной имеют одну судьбу, одинаковым образом и в одно и то же время.

Но дело в том, что Вселенная вовсе не однородна, если ее рассматривать не с огромных расстояний и не в общем плане. При ближайшем рассмотрении она оказывается весьма, так сказать, комковатой.

Начнем с того, что во Вселенной содержится как минимум десять миллиардов триллионов звезд, причем условия в самой звезде или рядом с ней чудовищно отличаются от условий вдалеке от звезды. Более того, местами звезды расположены очень плотно, в то время как в других местах их мало, а в иных и вовсе нет. Отсюда вполне возможно, что события в некоторых частях Вселенной очень отличаются от событий в других ее частях, например, в то время как Все-

ленная в целом расширяется, части ее сжимаются. Нам следует рассмотреть эти варианты, поскольку такая разница в поведении, вероятно, может приводить и к иным видам катастроф.

Для начала рассмотрим Землю, которая сформирована примерно из шести триллионов триллионов килограммов камня и металла. Характер ее образования управлялся в значительной мере гравитационным полем, сгенерированным всей этой массой. Таким образом, вещество Земли, сжавшись под воздействием гравитационного поля, продолжало продвигаться как можно ближе к центру. Каждый кусочек Земли двигался по направлению к центру до тех пор, пока какой-то другой кусок не преграждал ему продвижение физически. В результате каждый кусок Земли оказался настолько близок к центру, насколько смог пробраться, так что вся планета стала обладать минимальной потенциальной энергией.

Расстояние различных частей сферического тела от его центра в среднем меньше, чем было бы в любом другом геометрическом теле, так что Земля стала сферой. (Таковыми же являются Солнце, Луна и все другие обладающие объемом астрономические тела, за исключением образовавшихся в специальных условиях.) Более того, Земля, сформированная гравитацией в сферу, плотно «упакована». Составляющие ее атомы связаны между собой. В сущности, чем дальше в глубину от поверхности Земли, тем более сжаты атомы весом

вещества расположенных выше слоев (этот вес представляет собой силу гравитации, или притяжения).

Тем не менее даже в центре Земли атомы, несмотря на то, что они сильно сжаты, остаются невредимыми. Из-за того, что они невредимы, они оказывают сопротивление дальнейшему действию гравитации. Земля более не сжимается, а остается сферой диаметром 12750 километров и при условии, что она полностью предоставлена самой себе, будет оставаться такой неопределенно долгое время.

Звезды, однако, нельзя рассматривать точно таким же образом, поскольку масса их больше массы Земли в десять тысяч, а то и в десять миллионов раз, а это большая разница.

Возьмем, например, Солнце, масса которого в 330000 раз больше массы Земли. Соответственно в 330000 раз больше и его гравитационное поле, и сила, которая при образовании Солнца собрала его в сферу, была во столько же раз мощнее. Под действием этой огромной силы атомы в центре Солнца, попавшие под колоссальный вес верхних слоев, сломались и были разбиты вдребезги.

Подобное может происходить потому, что атомы совсем не аналогичны крохотным бильярдным шарам, как думали в девятнадцатом веке. Напротив, это главным образом рыхлые оболочки, состоящие из электронных волн с очень малой массой, в центре которых находится крошечное ядро, которое содержит почти всю массу. Диаметр ядра всего  $1/100000$  часть диаметра всего атома. Атом довольно похож на мячик



для пинг-понга с невидимо маленьким и очень плотным металлическим шариком, находящимся в центре.

Под давлением верхних слоев Солнца электронные оболочки атомов, находящихся в его середине, полностью разрушаются, и крошечные ядра в центре атомов освобождаются. Изолированные ядра и осколки электронных оболочек настолько меньше, чем целые атомы, что под влиянием собственной гравитационной силы Солнце могло бы сжаться до удивительно малых размеров, но не сжимается.

Не сжимается потому, что Солнце – а также большей частью и другие звезды – состоит главным образом из водорода. Водородное ядро в центре атома водорода является одиночной субатомной частицей, называемой протоном, который несет положительный электрический заряд. Раз атомы разрушены, лишённые оболочек протоны могут свободно двигаться и могут приближаться друг к другу гораздо ближе, чем могли, когда были окружены электронами. На самом деле протоны не просто приближаются друг к другу, они сталкиваются с большой силой, поскольку энергия гравитационного поля, когда вещество Солнца сжимается, преобразуется в тепло, причем температура внутри Солнца приблизительно 15 миллионов градусов.

Когда протоны сталкиваются, они иногда не отскакивают, а соединяются друг с другом, вызывая таким образом «ядерную реакцию». В процессе подобных ядерных реакций некоторые протоны теряют электрический заряд и становят-

ся нейтронами, и в конечном счете образуется ядро, состоящее из двух протонов и двух нейтронов. Это ядро атома гелия.

Этот процесс (тот же, что происходит в водородной бомбе, но неизмеримо больший по мощи) генерирует огромное количество тепла, которое превращает все Солнце в огнедышащий шар раскаленного добела газа и поддерживает это состояние долгое, долгое время.

Земля удерживается от сжатия сопротивлением невредимых атомов, а Солнце – благодаря расширяющему эффекту тепла, вырабатываемого ядерными реакциями внутри звезды. Разница лишь в том, что Земля может сохранять свой размер неопределенно продолжительное время, поскольку невредимые атомы, предоставленные сами себе, будут всегда оставаться невредимыми, Солнце же – не может. Размер Солнца зависит от непрерывного производства тепла в его недрах, что в свою очередь зависит от непрерывной серии ядерных реакций, производящих тепло, и что в свою очередь зависит от непрерывной поставки водорода, топлива для таких реакций.

Водорода там очень много. Но в конечном счете пройдет достаточно много времени, и количество водорода Солнца (или любой другой звезды) станет меньше определенной критической величины. Скорость ядерной реакции станет снижаться, уменьшаться будет и энергия. Тепла станет недостаточно, чтобы сохранить Солнце (или любую другую звезду).

ду) в расширенном состоянии, и оно начнет сжиматься. Сжатие звезды имеет важные гравитационные последствия.

Гравитационная сила между двумя объектами увеличивается по мере уменьшения расстояния между их центрами, обратно пропорционально квадрату этого расстояния. Если на определенном большом расстоянии от Земли уменьшить это расстояние наполовину, то есть в 2 раза, то притяжение Земли увеличится в  $2 \times 2$ , или в 4 раза; если уменьшить это расстояние в 16 раз, притяжение Земли увеличится в  $16 \times 16$ , или в 256 раз.

На поверхности Земли сила притяжения Земли для вас зависит от ее массы, вашей массы и того факта, что вы находитесь в 6378 километрах от центра Земли. Вы не можете существенно изменить массу Земли, и вы не имеете желания изменить свою собственную массу. Но представьте себе, что вы изменяете расстояние от себя до центра Земли?

Вы можете, например, в воображении продвинуться ближе к центру Земли путем бурения самого вещества Земли. И вы можете подумать, что сила притяжения для вас увеличится, если вы подошли ближе к центру Земли.

Но нет, подобная зависимость силы притяжения от расстояния до центра притягивающего тела сохраняется только в том случае, когда вы находитесь вне тела. Только тогда при расчете сил гравитации мы можем относиться ко всей массе тела так, как будто она сконцентрирована в его центре.

Если вы углубитесь в Землю, то только часть Земли, ко-

торая ближе вас к центру, будет притягивать вас по направлению к нему. Часть Земли, которая дальше вас от центра, уже не будет участвовать для вас в силе притяжения. Следовательно, когда вы углубляетесь в Землю, притяжение для вас уменьшается. И если бы вы в воображении достигли самого центра Земли, никакого притяжения к центру Земли вообще бы не было, потому что не было бы ничего ближе к центру, чтобы оказывать на вас притяжение. Вы были бы подвержены нулевой гравитации.

Предположим, однако, что Земля сжалась бы на половину своего радиуса при сохранении всей своей массы.

Если бы вы находились далеко, скажем, в космическом корабле, это сжатие на вас не повлияло бы. Масса Земли осталась бы прежней, неизменными оставались бы ваша масса и расстояние от вас до центра Земли. Сжимается Земля или расширяется, сила ее притяжения для вас не меняется (за исключением случая, когда ее расширение заходит настолько далеко, что она захватывает вас своим веществом, в этом случае для вас ее притяжение уменьшилось бы).

Предположим теперь, что вы стоите на поверхности Земли, когда она начала сжиматься, и вы остаетесь на ее поверхности в процессе сжатия. Масса Земли и ваша масса остаются теми же самыми, но ваше расстояние от центра Земли уменьшилось в 2 раза. Вы – вне самой Земли, и вся масса Земли находится между вами и ее Центром, тогда притяжение Земли увеличится для вас в  $2 \times 2$ , или в 4 раза. Други-

ми словами, поверхностная гравитация Земли увеличивается при сжатии Земли.

Если бы Земля продолжала сжиматься без потери массы, и если бы вы оставались на ее поверхности, сила притяжения для вас продолжала бы увеличиваться. Если представить, что Земля уменьшится до точки нулевого диаметра (при сохранении массы), и вы бы оказались в этой точке, сила притяжения для вас была бы бесконечной.

Это верно для любого тела, обладающего массой, какое бы оно ни было маленькое или большое. Если бы вы, или я, или, скажем, протон сжимались все больше и больше, сила притяжения на нашей поверхности или поверхности протона увеличивалась бы беспредельно. И если бы вы, или я, или протон были уменьшены до точки нулевого диаметра при сохранении первоначальной массы, поверхностная гравитация в этом случае стала бы бесконечной.

## **Черные дыры**

Впрочем, Земля, вероятно, никогда не сожмется до меньшего размера, по крайней мере пока она сохраняет свое настоящее состояние. Как не сожмется ничто, что меньше Земли. Даже объекты намного крупнее, чем Земля, например Юпитер, масса которого в 318 раз больше массы Земли, – не сожмутся, пока они предоставлены сами себе.

Звезды, тем не менее, в конечном счете сожмутся. Их мас-

са значительно больше, чем масса планет, и их мощное гравитационное поле вызовет сжатие, как только масса ядерного топлива упадет ниже критической точки, и производимого тепла станет недостаточно для противодействия гравитационной силе. Насколько далеко пойдет сжатие, зависит от интенсивности гравитационного поля сжимающегося тела и соответственно от его массы. Если тело достаточно массивно, то, насколько нам известно, предела сжатию нет, и тело сжимается до нулевого объема. Когда звезда сжимается, интенсивность ее гравитационного поля на значительных расстояниях не меняется, но ее поверхностная гравитация увеличивается без предела. Одно из последствий этого – то, что скорость исчезновения с поверхности звезды, или вторая космическая скорость, неуклонно увеличивается, когда звезда сжимается. Любому объекту становится все труднее и труднее оторваться от звезды, уйти от нее, когда звезда сжимается и ее поверхностная гравитация увеличивается.

В настоящий момент, например, вторая космическая скорость для нашего Солнца – 617 километров в секунду, почти в 55 раз больше второй космической скорости для Земли. Для Солнца это все еще достаточно малая скорость, и частицы вещества покидают его довольно легко. Солнце (и другие звезды) постоянно испускает субатомные частицы во всех направлениях и с высокой скоростью.

Однако, если бы Солнце сжималось, и, соответственно, увеличивалась бы его поверхностная гравитация, увеличи-

валась бы и его вторая космическая скорость до тысяч километров в секунду, до десятков тысяч, до сотен тысяч. В конечном счете она достигла бы уровня 300 000 километров в секунду, а это – скорость света.

Когда звезда (или любой другой объект) сжимается до того предела, когда скорость исчезновения равняется скорости света, это означает, что звезда достигла «радиуса Шварцшильда», названного так потому, что предположение о нем впервые высказал немецкий астроном Карл Шварцшильд (1873—1916), но полное теоретическое изучение ситуации не было произведено до тех пор, пока в 1939 году этого не сделал американский физик Д. Роберт Оппенгеймер (1904—1967).

Земля достигла бы своего радиуса Шварцшильда, если бы сжалась до радиуса в 1 сантиметр. Так как радиус любой сферы есть половина его диаметра, Земля была бы тогда шаром 2 сантиметра в поперечнике, шаром, который содержал бы всю массу Земли. Солнце достигло бы своего радиуса Шварцшильда при сжатии до шара радиусом 3 километра при сохранении своей массы.

Твердо установлено, что ничто, обладающее массой, не может передвигаться со скоростью большей, чем скорость света. Как только какой-либо объект сожмется до своего радиуса Шварцшильда или еще меньшего, ничто не может покинуть его поверхность (Недавно выяснилось, что это не совсем верно. Я объясню это ниже.). Что-либо, попавшее на

такой сжавшийся объект, не может больше с него выбраться, так что такой объект словно глубокая дыра в космосе. Даже свет не может выбраться с него, так что этот объект абсолютно черный. Американский физик Арчибальд Уиллер (р.1911) первым применил к подобным объектам термин «черная дыра» (Как это ни странно, французский астроном Пьер Симон де Лаплас (1749—1827) еще в 1798 году сделал предположение о возможности объектов настолько массивных, что ничто не может покинуть их, даже свет).

По-видимому, черные дыры должны формироваться, когда у звезд истощается топливо, и они достаточно велики, чтобы создавать гравитационное поле, достаточное для сжатия до радиуса Шварцшильда. Это, по-видимому, необратимый процесс. То есть черная дыра может образоваться, но не может вернуться к прежнему состоянию. Как только она образовалась, она вечна – за исключением одного случая, на котором я остановлюсь далее. (В 1998 году американские ученые получили еще одно подтверждение существования черных дыр с помощью телескопа Хаббла, использующего рентгеновское излучение. Черная дыра обнаружена в районе звезды Альфа Центавра в 10 миллионах световых лет от Земли.) Кроме того, что бы ни приближалось к черной дыре, оно, вероятно, захватывается чрезвычайно интенсивным гравитационным полем, существующим близ нее. Приближающийся объект, видимо, двигается по спирали около нее и в конце концов падает в нее. Как только это произойдет, он



никогда больше не вырвется. Поэтому казалось бы, черная дыра может приобретать массу, но не может ее терять.

Если черные дыры образуются и никогда не исчезают, то количество черных дыр должно постоянно увеличиваться по мере старения Вселенной. Кроме того, если каждая черная дыра может увеличивать свою массу, но не уменьшать, все черные дыры должны постоянно расти. Каждый год количество черных дыр увеличивается, их размеры растут, с течением времени все больший и больший процент массы Вселенной оказывается в черных дырах, и в конце концов все объекты Вселенной окажутся в той или иной черной дыре.

Если мы живем в незамкнутой Вселенной, мы можем представить себе, что конец – это не просто максимум энтропии и тепловая смерть в бесконечном море разреженного газа. Это также не максимум энтропии и тепловая смерть в каждом из миллиарда галактических скоплений, отделенных друг от друга неизмеримыми и все время растущими расстояниями. Вместо этого Вселенная в далеком будущем, возможно, приобретет максимум энтропии в виде ряда чрезвычайно массивных черных дыр, существующих в скоплениях, каждое из которых отделено от других неизмеримыми и постоянно растущими расстояниями. Именно это представляется сейчас наиболее вероятным будущим для незамкнутой Вселенной.

Существуют теоретические основания для предположения, что гравитационная энергия черных дыр способна про-

известии огромное количество работы. Мы легко можем представить себе, что люди пользуются черными Дырами как большими топками, забрасывая в них ненужную массу и используя радиацию, вырабатываемую в этом процессе. За отсутствием излишков массы можно было бы использовать вихревую силу черной дыры. В этом случае из черных дыр можно извлечь гораздо больше энергии, чем из той же массы обычных звезд, и потомки человечества могли бы дольше просуществовать во Вселенной с черными дырами, чем во Вселенной без черных дыр.

В завершение второе начало термодинамики все же проявит себя. Вся материя окажется в черных дырах, и черные дыры перестанут вращаться. Никакой работы из них извлечь будет уже нельзя, в свои права вступит максимальная энтропия. Наступление тепловой смерти с черными дырами представляется неминуемым, тогда как без них еще остаются кое-какие шансы избежать ее. Если мы имеем дело с черными дырами, то трудно предположить наличие областей низкой энтропии, беспорядочную флуктуацию, и в этом случае просто невозможно понять, как жизнь может избежать окончательной катастрофы.

Однако как черные дыры вписываются в замкнутую Вселенную?

Учитывая общий размер и массу Вселенной, процесс, при котором черные дыры увеличиваются в числе и по размерам, может быть весьма медленным. Вселенной сейчас 15 мил-

лиардов лет, но черные дыры, вероятно, все еще составляют только малую часть ее массы (Мы не можем быть вполне уверены в этом. Черные дыры почти невозможно обнаружить, и, вероятно, многие из них ускользают от нашего внимания. Возможно, именно масса этих незамеченных черных дыр и составляет «недостающую» массу, необходимую для того, чтобы сделать нашу Вселенную замкнутой, – в этом случае черные дыры составляют от 50 до 90 процентов массы Вселенной). Даже после половины триллиона дополнительных лет, когда наступит поворот и Вселенная начнет сжиматься, черные дыры все еще могут составлять лишь малую долю общей массы.

Тем не менее как только Вселенная начнет сжиматься, катастрофа черных дыр приобретет дополнительный потенциал. Черные дыры, которые образовывались в период расширения, были, по всей вероятности, ограничены сердцевинами галактик, но теперь, когда галактические скопления приближаются друг к другу и когда Вселенная становится все богаче энергетической радиацией, мы можем быть уверены, что черные дыры станут образовываться в больших количествах и будут расти быстрее. На финальных стадиях, когда галактические скопления станут объединяться, черные дыры тоже объединятся, и окончательное сжатие в космическое яйцо явится, безусловно, сжатием в огромную вселенскую черную дыру. Впрочем, масса Вселенной в размерах космического яйца и не могла бы быть ничем иным, как огромной

черной дырой.

Но тогда, если уже ничто не может образоваться из космической дыры, то как может космическое яйцо, образованное сжатием Вселенной, взорваться, чтобы создать новую Вселенную? Каким образом космическое яйцо, которое существовало 15 миллиардов лет назад, могло взорваться и образовать Вселенную, которую мы теперь населяем?

Чтобы понять, как это могло произойти, мы должны признать, что черные дыры не равны по плотности. Начнем с того, что чем больше масса объекта, тем более интенсивна его поверхностная гравитация (если это обычная звезда) и тем выше у него скорость исчезновения – вторая космическая. И, следовательно, тем меньше объекту нужно сжиматься, чтобы увеличить скорость исчезновения до значения, равного скорости света, и тем больше радиус Шварцшильда, на котором заканчивается сжатие.

Как было сказано выше, радиус Шварцшильда у Солнца составляет 3 километра. Если звезда с массой в 3 раза большей, чем масса Солнца, сократилась бы до своего радиуса Шварцшильда, то этот радиус равнялся бы 9 километрам.

Сфера с радиусом 9 километров, имея радиус в 3 раза больший, чем у сферы с радиусом 3 километра, имеет объем  $3 \times 3 \times 3$ , то есть в 27 раз больший. Плотность большей черной дыры составляет лишь  $3/27$ , или  $1/9$  плотности меньшей черной дыры.

Короче, чем больше масса черной дыры, тем она менее

плотная.

Если бы вся Галактика Млечного Пути, которая обладает массой примерно в 150 миллиардов раз большей, чем масса Солнца, сократилась до черной дыры, то ее радиус Шварцшильда составил бы 450 миллиардов километров, или около  $1/20$  светового года. Такая черная дыра имела бы среднюю плотность около  $1/1000$  плотности воздуха вокруг нас. Нам бы это показалось хорошим вакуумом, но это все же была бы черная дыра, из которой ничто не может исчезнуть.

Если бы во Вселенной было достаточно массы, чтобы сделать ее замкнутой, и если бы вся эта масса была сжата в черную дыру, радиус Шварцшильда этой черной дыры был бы около 300 миллиардов световых лет! Такая черная дыра была бы по объему больше, чем вся известная Вселенная, а ее плотность была бы значительно меньше, чем считается в настоящее время плотность Вселенной.

Теперь представим себе, что Вселенная сжимается. Предположим, что каждая галактика потеряла большую часть своей материи в черной дыре, так что сжимающаяся Вселенная состоит из сотни миллиардов черных дыр или даже больше, и каждая в зависимости от ее массы примерно от  $1/500$  до 1 светового года в диаметре. Ничто не может выбраться из этих черных дыр.

Но вот на последних стадиях сжатия все эти черные дыры встречаются и сливаются, чтобы образовать единую черную дыру с массой Вселенной и радиусом Шварцшильда в

300 миллиардов световых лет! Ничто не может выбраться за пределы этого радиуса, но вполне возможно, что могут быть расширения внутри радиуса. Устремление наружу, так сказать, как бы из этого радиуса может как раз и быть тем событием, которое «запаливает» Большой взрыв.

Если нас убеждают эти строки, мы, по-видимому, должны прийти к заключению, что Вселенная не может быть незамкнутой, что она не может расширяться вечно.

Космическое яйцо, из которого началось расширение, должно было быть черной дырой с соответствующим радиусом Шварцшильда. Если бы Вселенная должна была расширяться безгранично, тогда части ее двигались бы вне радиуса Шварцшильда, а это представляется невозможным. Следовательно, Вселенная должна быть замкнутой, и поворот должен произойти до того, как будет достигнут радиус Шварцшильда (Вот почему в предыдущей главе я говорил о своем убеждении, что Вселенная является замкнутой, несмотря на распространенное убеждение в том, что она незамкнута).

## Квазары

Из трех катастроф первого класса, губительных для жизни во всей Вселенной, – расширение до тепловой смерти, сжатие до космического яйца и сжатие в отдельные черные дыры – третья отличается от первых двух важными особенностями.

Как расширение Вселенной до тепловой смерти, так и сжатие до космического яйца более или менее равным образом оказывали бы воздействие на всю Вселенную. В обоих случаях, исходя из того, что человеческая жизнь просуществоует еще триллион лет от нашего времени, нет основания предполагать, что наше местонахождение во Вселенной обеспечит нам особенно длительный или особенно малый период для жизни. Наша часть Вселенной не пострадает значительно раньше или позже, чем какая-либо другая ее часть.

В случае третьей катастрофы с отдельными черными дырами ситуация совсем другая. Здесь мы имеем дело с серией локальных катастроф. Черная дыра может образоваться здесь, а не там, так что жизнь станет невозможной здесь, но не там. В перспективе все неизбежно сольется в черную дыру, но черные дыры, которые образуются здесь и сейчас, могут сделать невозможной жизнь вблизи себя здесь и сейчас, несмотря на то, что жизнь в других местах может продолжаться беззаботно и безбедно весь триллион лет. Следовательно, нам надо поинтересоваться, действительно ли существуют сейчас черные дыры. И если да, нам надо узнать, где они, по всей вероятности, находятся и насколько возможно, что какие-либо из них угрожают нам катастрофой до (может быть, задолго до) окончательной катастрофы.

Само собой разумеется, наиболее вероятно образование черной дыры в местах, где уже скопилась большая масса. Чем больше масса звезды, тем она более подходящий канди-

дат для черной дыры. Скопление звезд, где многочисленные звезды тесно сгрудились вместе, – еще лучший кандидат.

Самые крупные, густо усеянные звездами скопления находятся в центрах галактик, особенно таких гигантских галактик, как наша, или еще больше. Там от нескольких миллионов до нескольких миллиардов звезд заключено в очень маленьком объеме, и наиболее вероятно, что именно там будет иметь место катастрофа черной дыры.

Всего лишь двадцать лет назад астрономы не имели ни малейшего представления о том, что галактические центры – это место, где происходят интенсивнейшие явления. В таких центрах звезды расположены близко, но даже в центрах больших галактик звезды отделены друг от друга примерно десятой частью светового года, словом, у них достаточно места, чтобы двигаться, серьезно не мешая друг другу.

Если бы наше Солнце располагалось в таком районе, мы бы увидели невооруженным глазом свыше 2,5 миллиарда звезд, и миллионов 10 из них были бы первой величины или даже ярче, но каждая была бы видна лишь как светящаяся точка. Свет и тепло, доставляемые этими звездами, могли бы составлять до четверти доставляемых Солнцем, и эти дополнительные свет и тепло могли бы сделать Землю непригодной для обитания, но она могла бы быть пригодной для жизни, находишься она подальше от Солнца, скажем, на месте, где находится Марс. Мы могли рассуждать таким образом, например, еще в 1960 году и даже пожелать, чтобы Солнце



располагалось в галактическом центре, чтобы мы могли любоваться таким волшебным ночным небом.

Если бы мы обнаруживали только свет, исходящий от звезд, мы, может быть, никогда бы не имели причины изменить свое мнение. Однако в 1931 году американский радиоинженер Карл Гуте Янский (1905—1950) обнаружил поступающее из определенных районов неба радиоизлучение, волны которого в миллион раз длиннее, чем у видимого света. После Второй мировой войны астрономы разработали методы регистрации этого радиоизлучения, особенно сравнительно коротковолновой их разновидности, называемой микроволнами. Быстро усовершенствующиеся в 50-х годах радиотелескопы позволили точно определить на небе их источники. Некоторые из них оказались связаны с объектами, которые представлялись очень тусклыми звездами нашей Галактики. При более тщательном изучении этих звезд оказалось, однако, что они необычны не только длиной испускаемых микроволн, но также и тем, что, по-видимому, они связаны со слабыми облаками или туманностями, окружающими их. В самой яркой из них, обозначенной в каталоге как ЗС273, была обнаружена крошечная струя истекающего из нее вещества.

Астрономы начали подозревать, что эти объекты, испускающие микроволны, не совсем обычные звезды, хотя выглядят похожими на них. Их определили как квазистеллярные (звздообразные, похожие на звезды) радиоисточники.

В 1964 году американец китайского происхождения Хонг Ичиу сократил слово «квазистелларный» до «квазар», и с тех пор за этими звездообразными испускающими микроволны объектами закрепилось это название.

Спектры квазаров изучались и ранее, но характер обнаруженных в них темных линий смогли установить только в 1963 году, когда американец датского происхождения Маартен Шмидт (р. 1929) доказал, что это линии типа обычно находящихся глубоко в ультрафиолете, то есть световых волн намного короче самых коротких, которые могли бы воздействовать на нашу сетчатку и которые мы бы могли видеть. Они оказались в видимом диапазоне спектра квазаров только потому, что подверглись сильному красному смещению.

Это означает, что квазары удаляются от нас со скоростью большей, чем любая галактика, которую мы можем наблюдать; и они находятся от нас дальше, чем любая галактика, которую мы можем наблюдать. Квазар 3С273, самый близкий к нам, находится от нас на расстоянии более миллиарда световых лет. Другие, более отдаленные квазары были обнаружены дюжинами. Самые далекие от нас порядка 12 миллиардов световых лет.

Чтобы быть видимыми на подобных огромных расстояниях, квазары должны быть в сто раз ярче таких галактик, как наша. Раз они действительно в сто раз ярче, то они должны бы быть и в сто раз больше, чем Галактика Млечного Пути, и должны бы обладать в сто раз большим количеством звезд.

Но если бы квазары были такими огромными, наши большие телескопы позволили бы увидеть их как клочки облаков, а не просто как яркие световые точки. Они должны быть гораздо меньше, чем галактики.

О малых размерах квазаров свидетельствует также тот факт, что яркость их меняется от года к году, а в некоторых случаях и от месяца к месяцу. Это не может происходить в большом объекте размером с галактику. Одни части галактики могут стать более тусклыми, другие – более яркими, но в среднем они остаются такими же. Для того, чтобы вся галактика стала ярче или тусклее и чтобы эти изменения происходили неоднократно, должен существовать некий эффект, который бы охватывал все ее части. Подобный эффект, каким бы он ни был, должен распространяться с одной части галактики на другую, и он не может распространяться со скоростью большей, чем скорость света. Например, в Галактике Млечного Пути любому эффекту понадобилась бы по крайней мере сотня тысяч лет, чтобы распространиться с одного конца Галактики на другой, и чтобы нашей Галактике в целом стать ярче или тусклее, потребовалось бы не менее сотни тысяч лет; то есть каждое изменение яркости требовало бы не менее сотни тысяч лет.

Быстрые изменения в квазарах свидетельствуют о том, что диаметр у них не более светового года, и все же они излучают радиацию в сотни раз интенсивнее, чем наша Галактика, имеющая в диаметре 100 000 световых лет. Как это возмож-

но? Начало ответа на этот вопрос появилось задолго до 1943 года, когда молодой астроном Карл Сейферт (1911—1960) обнаружил необычную галактику, входящую в группу, которая сейчас называется «Сейфертские галактики».

Сейфертские галактики не отличаются необычными размерами и не находятся на необычных расстояниях, но у них имеются очень компактные и яркие центры, которые представляются необычно горячими и активными, в сущности, довольно похожими на квазары. Эти яркие центры проявляют изменения в радиации, как это присуще квазарам, и они к тому же, по-видимому, не более светового года в диаметре.

Если мы представим себе очень удаленную Сейфертскую галактику с необычно светящимся центром, то все, что мы увидим, будет светящимся центром, остальное окажется слишком тусклым, чтобы можно было его различить. Короче, очень похоже, что квазары – это очень далекие Сейфертские галактики, и мы видим только их светящиеся центры (хотя слабые туманности вокруг ближайших квазаров могут выглядеть похожими на галактики). На каждую огромную Сейфертскую галактику, находящуюся на расстоянии свыше миллиарда световых лет, приходится примерно миллиард обычных галактик, но мы их не видим. Ни одна часть обычных галактик не является достаточно яркой, чтобы можно было различить их.

Галактики, которые не являются Сейфертскими, также, по-видимому, имеют активные центры, которые так или ина-

че представляют собой источники радиации, или которые проявляют признаки наличия взрывов, или вообще проявляют себя так или этак.

Не может ли быть так, что скопления звезд в галактических центрах непременно образуют условия, создающие черные дыры, и что черные дыры постоянно растут и могут быть обширными, и что именно они создают в галактических центрах активность, которая отвечает за яркость центров Сейфертских галактик и квазаров?

Возникает, конечно, вопрос, как черные дыры могут быть источником максимально энергетичной радиации в галактических центрах, когда ничто не может выходить из черной дыры, даже радиация. Дело в том, что радиации нет необходимости исходить из самой черной дыры. Когда вещество движется по спирали в черную дыру, скорость его на этой орбите в непосредственном соседстве с черной дырой под воздействием сильнейшего гравитационного поля чрезвычайно велика, это вызывает интенсивную эмиссию энергетичной радиации. В больших количествах испускаются рентгеновские лучи, похожие на свет, но имеющие длину волны в 500 000 раз меньше.

Величина радиации, получаемой таким образом, зависит от двух факторов – во-первых, от массы черной дыры, поскольку более массивная черная дыра может быстро поглотить больше вещества и создать таким путем больше радиации; во-вторых, от количества материи, имеющейся по со-

седству с черной дырой. Материя собирается вокруг черной дыры и отправляется в движение по орбите, называемой «аккреционным диском». Чем больше материи по соседству, тем вероятнее больший аккреционный диск, тем больше материи движется по спирали в черную дыру и тем интенсивнее генерируемая радиация.

Галактический центр не только идеальное место для образования черной дыры, он предполагает и наличие поблизости материи в максимальных количествах. Неудивительно, что в центрах столь многих галактик существуют компактные источники радиации и что в некоторых случаях радиация весьма интенсивна.

Некоторые астрономы полагают, что все галактики имеют в своем центре черную дыру. И впрямь, быть может, когда газовые облака, некоторое время спустя после Большого взрыва, сжимаются, самые плотные части собираются в черные дыры. Другие уплотнения потом происходят в пределах газовых регионов, привлеченных черной дырой и двигающихся около нее по орбите. Таким образом галактика образуется как своего рода супераккреционный диск вокруг центральной черной дыры, которая представляет собой старейшую часть галактики. В большинстве случаев черные дыры будут довольно малыми и не будут производить достаточно радиации, чтобы обнаружить нашими приборами что-то необычное в центре. С другой стороны, некоторые черные дыры могут быть столь огромны, что аккреционные диски в их непо-

средственном соседстве состоят из неповрежденных звезд, которые, в сущности, толкают друг друга по орбите и которые в конце концов поглощаются полностью, – все это делает регионы в непосредственной близости от черной дыры необычно светящимися и насыщенными энергетичной радиацией.

Более того, материя, попадающая в черную дыру, может высвободить до 10 процентов, или даже более, своей массы в виде энергии, в то время как обычная радиация от обычных звезд благодаря реакциям в центре дает превращение в энергию только 0,7 процента массы.

При этих условиях неудивительно, что, хотя квазары так малы, они сильно светятся. Можно также понять, почему квазары становятся то более яркими, то более тусклыми. Это может быть связано с неравномерностью количества вещества, затягиваемого внутрь спирали.

В один период затягиваются крупные порции вещества, в другой – сравнительно малые количества.

Исходя из исследований рентгеновской радиации из космоса, которые были проведены в 1978 году, полагают, что типовая Сейфертская галактика содержит центральную черную дыру с массой от 10 до 100 миллионов раз больше, чем масса Солнца. Черная дыра в центре квазара должна быть все же значительно крупнее, с массой в миллиард раз больше массы Солнца или даже еще более.

Даже не Сейфертские галактики могут быть необычны-

ми в этом отношении, если они достаточно крупные. Существует галактика, известная как М87, которая, например, в 100 раз больше нашей Галактики и содержит примерно 30 триллионов звезд. Она является частью громадного галактического скопления в созвездии Девы и находится в 65 миллионах световых лет от нас. Галактика М87 имеет очень активный центр, который менее (может быть, гораздо менее) 300 световых лет в поперечнике, тогда как диаметр галактики 300 000 световых лет. К тому же обнаружена струя вещества, истекающая из центра за пределы галактики.

В 1978 году астрономы обобщили исследования яркости свечения центральной ее части по сравнению с внешними регионами, а также скорости, с которой движутся звезды около центра галактики. В результате ученые пришли к выводу, что в центре галактики существует огромная черная дыра – другая галактика с массой в 6 миллиардов раз больше массы Солнца. Такая огромная дыра составляет все же только 1/2500 массы галактики М87.

## **В пределах нашей галактики**

Совершенно ясно, что ни черная дыра в центре галактики М87, ни черные дыры в центрах Сейфертских галактик и квазаров не представляют для нас большой опасности. 65 миллионов световых лет, которые отделяют нас от черной дыры галактики М87, и еще большие расстояния, которые



отделяют нас от Сейфертских галактик и от квазаров, являются более чем достаточной изоляцией от всего самого плохого, что могли бы сделать черные дыры. Более того, все квазары удаляются от нас с огромной скоростью, примерно от одной десятой до девяти десятых скорости света, да и галактика M87 удаляется от нас с весьма приличной скоростью.

В самом деле, поскольку Вселенная расширяется, черные дыры, расположенные вне нашей локальной группы, стремительно и неуклонно удаляются от нас. Они никак не могут воздействовать на нас до последнего периода сжатия, который сам будет служить для нас окончательной катастрофой.

Но тогда как обстоит дело с галактиками нашей локальной группы, которые будут оставаться поблизости от нас, как бы долго ни расширялась Вселенная? Могут ли галактики нашей группы содержать черные дыры? Могут. Однако ни одна из галактик локальной группы вне нашей Галактики не проявила никаких признаков подозрительной активности в центре, во всяком случае малые члены группы вряд ли имеют большие черные дыры. Галактика Андромеды, которая несколько больше, чем наша Галактика Млечного Пути, могла бы иметь в своем центре довольно крупную дыру, и она, безусловно, не собирается когда-либо особенно удаляться от нас. С другой стороны, она также не собирается и особенно приближаться к нам.

А как обстоит дело с нашей Галактикой? В ее центре наблюдается подозрительная активность. Галактика Млечный

Путь на самом деле не активная галактика в сравнении с М87, Сейфертскими галактиками и квазарами, но ее центр гораздо ближе к нам, чем центр любой другой галактики во Вселенной. В то время как самый близкий квазар находится от нас в миллиарде световых лет, М87 – в 65 миллионах световых лет, Галактика Андромеды – в 2,3 миллионах световых лет, центр нашей Галактики – всего лишь в 32 тысячах световых лет. Естественно, мы могли бы скорее обнаружить активность в своей собственной Галактике, чем в любой другой.

Активность достаточно крупного объекта диаметром 40 световых лет позволяет допустить возможность черной дыры. Некоторые астрономы даже готовы определить, что масса этой дыры, находящейся в центре нашей Галактики, в 100 миллионов раз больше массы Солнца.

Такая черная дыра составляет только 1/60 массы той черной дыры, которая предположительно находится в центре галактики М87, но наша Галактика гораздо меньше по массе, чем галактика М87. Наша черная дыра составит таким образом около 1/1500 массы нашей Галактики. Пропорционально размеру Галактики, ее содержащей, наша черная дыра была бы в 1,6 раза больше, чем черная дыра галактики М87.

Представляет ли для нас угрозу черная дыра в нашей Галактике? Если да, то насколько скоро эта угроза может осуществиться?

Мы могли бы ответить на это таким образом. Наша Галак-

тика была образована вскоре после Большого взрыва, а черная дыра в центре, видимо, сформировалась несколько раньше. Положим, черная дыра образовалась через 1 миллиард лет после Большого взрыва, или 14 миллиардов лет назад. В таком случае черной дыре потребовалось 14 миллиардов лет, чтобы поглотить  $1/1500$  нашей Галактики. При таком темпе потребуется около 21 триллиона лет, чтобы поглотить полностью всю Галактику. К тому времени в любом случае нас погубит либо тепловая смерть, либо (как полагаю я) катастрофа очередного космического яйца.

Но разве справедливо сказать: при таком темпе? В конце концов чем больше вырастает черная дыра, тем в более крупном масштабе происходит поглощение окружающей материи. Возможно, понадобилось 14 миллиардов лет для того, чтобы поглотить  $1/1500$  часть нашей Галактики, но потребуется только 1 миллиард лет, чтобы завершить работу.

С другой стороны, способность черной дыры поглощать материю зависит также от плотности материи. Когда черная дыра в центре галактики растет, она эффективно поглощает звезды в галактическом ядре и в результате образует то, что можно назвать «полой галактикой», галактику с пустым ядром, только с черной дырой в центре, дырой с массой в 100 миллиардов раз больше массы нашего Солнца, или даже в триллион раз больше, если мы имеем дело с большой галактикой. Такие огромные черные дыры были бы от 0,1 до 1 светового года в диаметре.

Даже при этом звезды, остающиеся на окраинах галактики, двигались бы по орбите вокруг центральной черной дыры в сравнительной безопасности. Определенная звезда под влиянием других звезд может изменить свою орбиту таким образом, что приблизится к черной дыре и будет захвачена ею, но это будет крайне редким случаем и со временем будет происходить все реже. Для вращающихся вокруг черной дыры звезд опасность будет не больше, чем для Земли, вращающейся вокруг Солнца. В конце концов, если бы Земля по какой-либо причине оказалась слишком близко к Солнцу, оно бы поглотило ее так же эффективно, как черная дыра.

В сущности, даже если черная дыра в центре нашей Галактики вычистит ядро и оставит Галактику полой, мы не различим ничего, кроме упадка лучистой активности по мере того, как все меньше и меньше материи будет двигаться по спирали в черную дыру. Центр Галактики скрыт обширными пылевыми облаками и звездными скоплениями в области созвездия Стрельца, так что если бы даже центр был опустошен, мы бы не Увидели никаких изменений.

Если бы Вселенная была незамкнутой, мы бы могли вообразить такое расширение в далеком будущем, при котором все галактики окажутся полыми – просто серии суперчерных дыр, каждая, окруженная своего рода астероидным поясом звезд, прокладывающие себе путь к тепловой смерти.

Возможно ли, однако, что в нашей Галактике существуют черные дыры где-то еще, кроме центра, и, следовательно,

ближе к нам?

Рассмотрим шаровидные скопления. Это плотно собранные сферические группы звезд, их диаметр в целом около 100 световых лет. В пределах этого относительно небольшого объема примерно от 100 000 до 1 миллиона звезд. Шаровидное скопление довольно похоже на стоящую особняком часть галактического ядра, оно, конечно, гораздо меньше ядра и не так плотно собрано. Астрономы обнаружили более ста таких разбросанных около галактического центра сферических гало. (Несомненно, другие галактики также имеют свои гало-шаровидные скопления.) Астрономы обнаружили рентгеновскую активность в центре ряда этих скоплений, и совсем не трудно предположить, что такие же процессы, которые обуславливают появление черных дыр в центре галактик, также обусловили бы появление черных дыр и в центре шаровидных скоплений.

Черные дыры в скоплениях не были бы такими же большими, как черные дыры в галактических центрах, но по массе они могли бы быть в 1000 раз больше нашего Солнца. Они меньше, чем крупная галактическая черная дыра, но не могут ли и они представлять для нас непосредственную опасность? В настоящее время, безусловно, нет. Самое близкое к нам шаровидное скопление расположено в области Омега Центавра на расстоянии 22 000 световых лет – это достаточно безопасное расстояние.

До сих пор у нас с вами все, кажется, обходилось удачно.

Астрономические открытия, сделанные после 1963 года, показали, что центры галактик и шаровидных скоплений являются активными и враждебными жизни местами. Они являются местами, где катастрофа уже наступила в том смысле, что жизнь на любой планете в таких районах разрушена либо прямо – путем поглощения в черную дыру, либо косвенно – путем купания в радиации, возникающей в результате такой активности. Однако вернее сказать, что там просто нечему было страдать от катастрофы, так как маловероятно, что при таких условиях образовалась бы жизнь. Сами мы, однако, существуем на спокойной окраине Галактики, где звезды разбросаны редко. Следовательно, катастрофа черной дыры не для нас.

Но подождите! Быть может, даже здесь, на окраине Галактики, существуют черные дыры? По соседству с нами нет больших скоплений, внутри которых могли бы образоваться черные дыры, но хватило бы и массы, сконцентрированной в отдельные звезды, массы, достаточной для образования черной дыры. Нам следует задаться вопросом, не образовали ли гигантские звезды черных дыр около нас? Если так, то где они? Можем ли мы опознать их? Не опасны ли они для нас?

Представляется, что существует обескураживающая фатальность в отношении черных дыр. Дело в том, что черной дыры мы не видим, мы воспринимаем только радиационный «предсмертный плач» материи, падающей в нее. Предсмертный плач громок, когда черная дыра окружена материей, ко-

тору она может захватить, но тогда окружающая материя скрывает от нас находящуюся поблизости черную дыру. Если черную дыру окружает немного материи, и у нас есть возможность увидеть находящуюся рядом черную дыру, то предсмертный плач настолько слаб, что велика вероятность проглядеть черную дыру.

Тем не менее есть одна подходящая возможность. Около половины звезд Вселенной, по-видимому, существует парами («бинарная система»), вращаясь около ДРУГ друга. Если обе звезды – крупные, тогда одна может на какой-то стадии своей эволюции превратиться в черную дыру, а материя парной звезды – мало-помалу будет затянута в эту соседствующую черную дыру. В таком случае возникнет радиация и не происходит чрезмерного загораживания черной дыры.

Чтобы установить возможные ситуации подобного рода, астрономы просканировали небо в поисках рентгеновских источников, а затем попытались обнаружить поблизости другой источник, который нельзя объяснить ничем больше, как только черной дырой. Например, рентгеновский источник, который изменяет свою интенсивность необычным образом, с большей вероятностью является черной дырой, чем источник, интенсивность которого постоянна или изменяется закономерным, правильным образом.

В 1969 году с побережья Кении в пятую годовщину независимости страны был запущен спутник для поиска источников рентгеновского излучения. Он был назван «Ухуру»,

что на суахили значит «свобода». Он мог вести поиск источников рентгеновского излучения со своей орбиты вне атмосферы Земли, что было очень важно, потому что атмосфера поглощает рентгеновское излучение и не позволяет слабым сигналам дойти до какого-либо устройства, предназначенного для их обнаружения.

«Ухуру» обнаружил 161 источник рентгеновского излучения, половину из них в нашей Галактике. В 1971 году «Ухуру» наблюдал сильный источник рентгеновского излучения в созвездии Cygnus – Лебедь, он был назван Cygnus X-1 и проявил необычное изменение интенсивности. Привлеченное к Cygnus X-1 широкое внимание позволило обнаружить также и микроволновую радиацию. Микроволны позволили очень точно установить их источник. Оказалось, что он находится совсем рядом, но на невидимой звезде. Это звезда HD226868, крупная, горячая, голубая звезда почти в 30 раз по массе больше нашего Солнца. Звезда четко циркулировала на орбите с периодом 5,6 дня. Характер этой орбиты позволил установить, что по массе вторая звезда примерно в 5-8 раз больше нашего Солнца (Массу самой по себе звезды определить нелегко. Однако, если пара звезд вращается друг около друга, их массы могут быть определены по расстоянию между ними и по отрезку времени, которое им требуется для совершения полного оборота, а также по местонахождению центра гравитации между ними).

Звезду-напарницу видно не было, хотя она являлась ис-



точником интенсивного рентгеновского излучения. Согласно своей массе, она должна иметь достаточную яркость, если бы была обычной звездой. Следовательно это и есть вышедшая из строя звезда, и она слишком велика по массе, чтобы превратиться в нечто иное, чем черная дыра. И если это так, то она намного меньше, чем черные дыры, о которых речь шла выше, – черные дыры, которые в тысячи, в миллионы и даже миллиарды раз больше по массе, чем наше Солнце. По массе эта дыра больше нашего Солнца максимум в 8 раз.

Она тем не менее ближе, чем любая из тех больших. Астрономы считают, что Cygnus X-1 находится всего лишь в 10 000 световых лет от нас, то есть меньше, чем на трети расстояния до галактического центра, и меньше, чем на половине расстояния до шаровидного скопления.

В 1978 году появилось сообщение о подобной бинарной системе в созвездии Скорпиона. Там источник рентгеновского излучения, обозначенный как V861 Sco, может представлять собой черную дыру с массой в двенадцать раз больше, чем масса Солнца, и находится она от нас на расстоянии всего в 5 000 световых лет.

Можно уверенно утверждать, что даже 5 000 световых лет являются достаточно изолирующим расстоянием. Ниже мы приведем доводы, что вряд ли возможно наличие черных дыр значительно ближе, чем эта. Звезд, которые способны создать черную дыру, настолько мало, что маловероятно, чтобы мы не знали о существовании такой близкой звезды.

Если бы дыра была близко, то даже значительно меньшие количества материи, падающие в нее, давали бы рентгеновское излучение заметной интенсивности.

Эти близко находящиеся черные дыры тем не менее представляют некоторую опасность, которой другие не таят. Заметьте: черные дыры в галактиках вне нашей локальной группы особенно далеки и постоянно удаляются от нас из-за расширения Вселенной. Черные дыры в других галактиках, но внутри нашей локальной группы находятся все же далеко и в целом сохраняют далекое расстояние. Они существенно не удаляются от нас, но и не приближаются. Черная дыра в центре нашей Галактики, безусловно, находится ближе к нам, чем любая черная дыра в любой другой галактике, но она также сохраняет свое расстояние, поскольку Солнце вращается около нее по почти правильной круговой орбите.

Черные дыры в нашей Галактике, которые не находятся в центре, тем не менее, как и мы, все движутся вокруг центра Галактики. Мы все имеем свои орбиты, двигаясь по ним, черные дыры могут приближаться к нам, могут удаляться. Фактически они почти все время неуклонно приближаются к нам.

Насколько близко? И насколько это опасно?

Для ответа на эти вопросы надо перейти от катастроф первого класса, которые воздействуют на Вселенную в целом, к катастрофам второго класса, которые воздействуют на нашу Солнечную систему.

# Часть вторая

## Катастрофы второго класса

### 5. Столкновения с Солнцем

#### Рождение в тайной схватке

Может показаться, что наиболее вероятно, наиболее близка неизбежная катастрофа первого класса – образование нового космического яйца, примерно через триллион лет. Однако рассуждения по поводу черных дыр показали, что локальные катастрофы могут поразить отдельные области Вселенной задолго до того, как завершится период в триллион лет. Словом, настало время рассмотреть вероятность локальной катастрофы, делающей непригодной для жизни нашу Солнечную систему, подвергая таким образом гибели человечество, в то же время оставляя остальную Вселенную нетронутой.

Это катастрофа второго класса.

До Коперника представлялось само собой разумеющимся, что Земля – неподвижный центр Вселенной, а все остальное вращается вокруг нее. Звезды, в частности, считались

зафиксированными в наиболее дальней части небесной сферы и обращающимися вокруг Земли за 24 часа, так сказать, целым куском. К звездам относились как к «неподвижным», чтобы отличать их от других, более близких тел – Солнца, Луны, планет, которые вращались самостоятельно.

Даже после того как система Коперника сместила Землю с центральной позиции, это сначала не изменило взгляд на звезды. Они продолжали казаться яркими неподвижными объектами, зафиксированными в наиболее далекой части сферы, в то время как в центре этой сферы было Солнце, а разные планеты, включая Землю, вращались вокруг него.

Однако в 1718 году английский астроном Эдмунд Галлей (1656—1742), регистрируя позиции звезд, отметил, что по крайней мере три звезды – Сириус, Прочион и Арктур были не на тех местах, где их зафиксировали греки. Разница оказалась существенной, и греки не могли сделать такой ошибки. Галлею стало ясно, что эти звезды передвинулись по отношению к другим. С тех пор все больше и больше звезд стало проявлять «собственное движение», поскольку приборы астрономов для обнаружения такого движения становились более чувствительными.

Ясно, что если различные звезды движутся в космосе с равными скоростями, то изменение позиции очень далекой звезды будет, по нашему наблюдению, намного меньше, чем изменение позиции более близкой звезды. (Мы знаем по опыту, каким медленным представляется самолет, летящий

вдалеке, по сравнению с самолетом, который летит значительно ближе к нам.) Звезды находятся настолько далеко, что только самые близкие позволяют нам заметить их «собственное движение», но от этого представляется справедливым заключение, что все звезды движутся.

Чтобы быть точнее, собственное движение звезды — это только ее движение по линии нашего зрения. Звезда также могла бы двигаться по направлению к нам или от нас, и эта часть ее движения не проявлялась бы как собственное движение. Действительно, звезда могла бы двигаться прямо к нам или прямо от нас, так что не было бы видно никакого движения по линии зрения, даже если бы она была сравнительно близко от нас.

К счастью, благодаря эффекту Доплера-Физо, описанному выше, скорость приближения и удаления также может быть определена, и трехмерная космическая скорость, по крайней мере близко расположенных звезд, может быть установлена.

Почему бы тогда не двигаться и Солнцу? В 1783 году британский астроном немецкого происхождения Уильям Гершель (1738—1822) изучал собственное движение звезд, которые к тому времени были известны. Оказалось, что звезды в одной половине неба имели в целом тенденцию удаляться друг от друга, в Другой половине неба они имели тенденцию сближаться друг с другом. Гершель решил, что наиболее логичное объяснение этого состоит в том, что Солнце дви-

жется в одном определенном направлении, в направлении созвездия Геркулес. Звезды, к которым мы приближаемся, представляются движущимися в разные стороны при нашем приближении, а звезды, остающиеся позади нас, словно бы сдвигаются.

Когда астрономические объекты движутся в космосе, вполне вероятно, что один будет двигаться вокруг другого, если они достаточно близки друг к другу, так что активно взаимодействуют друг на друга гравитационным полем. Таким образом Луна вращается вокруг Земли, в то время как Земля и другие планеты движутся вокруг Солнца. Опять же одна звезда в бинарной системе будет двигаться вокруг другой.

Однако там, где объекты находятся далеко друг от друга и когда нет единого объекта, который своей огромной массой преобладает над всеми другими (как Солнце преобладает над всеми более малыми телами Солнечной системы), движение это – не просто вращение одного объекта вокруг другого. Вместо этого могло показаться, что это едва ли не движение наугад, как движение пчел в рое. В течение девятнадцатого века так и представлялось, что такое движение пчел характеризует звезды вокруг нас, и было вполне логично предположить, что в этих движениях наугад одна звезда может случайно столкнуться с другой.

И действительно, в 1880 году английский астроном Александр Уильям Бикертон (1842—1929) выдвинул гипотезу,

что именно таким образом возникла Солнечная система. Он считал, что много лет назад мимо Солнца прошла звезда, и в результате гравитационного воздействия одного объекта на другой из обоих была вырвана материя, которая позднее собралась в планеты. Две звезды сблизились как единые тела и разошлись с началами планетарной системы. Это был довольно драматический пример того, что могло быть обозначено как космическое похищение. Эта «катастрофическая теория» происхождения Солнечной системы была более или менее принята астрономами с различными модификациями на протяжении полувека.

Ясно, что, если подобная катастрофа могла бы означать начало мира для нас, она бы в случае повторения означала бы и катастрофический конец его. Новое близкое придвижение звезды к нашему Солнцу на длительное время подвергло бы нас воздействию нарастающего тепла от второго светила, в то же время наше Солнце было бы дестабилизировано тем или иным образом благодаря усилившемуся влиянию гравитационного эффекта. Тот же самый эффект с нарастанием вызвал бы серьезные нарушения в орбите Земли. Представляется весьма невероятным, чтобы жизнь могла выдержать огромное влияние таких событий на условия, существующие на поверхности Земли.

А велика ли вероятность такого сближения-столкновения?

Подобное событие весьма маловероятно. Собственно, од-

на из причин того, что катастрофическая теория происхождения Солнечной системы в конце концов не выжила, и состоит в том, что она имела в виду подобное маловероятное событие. На окраинах Галактики, где мы располагаемся, звезды находятся настолько далеко друг от друга и движутся настолько медленно по сравнению с громадными расстояниями, разделяющими их, что столкновение трудно себе представить.

Рассмотрим Альфу Центавра, которая является наиболее близко расположенной к нам звездой<sup>4</sup>. Она находится от нас в 4,4 светового года и приближается. Она не приближается к нам прямо, но движется стороной. В результате она приблизится к нам на расстояние 3 световых года в точке, в которой минует нас и станет отдаляться. Однако она не будет настолько близко, чтобы оказать на нас сколько-нибудь значительное влияние.

Но предположим, что она приближалась бы к нам прямо. Альфа Центавра движется в космосе относительно нас со скоростью 37 километров в секунду. Если бы она с этой скоростью нацелилась прямо на нас, она прошла бы через Солнечную систему спустя 35 000 лет.

---

<sup>4</sup> На самом деле это – бинарная звезда, две звезды, вращающиеся вокруг друг друга с третьей звездой-карликом, сравнительно далеко расположенной от тех двух. Среди звезд по соседству с нами мы можем даже найти шесть звезд – три бинарные пары, гравитационно привязанные друг к другу. Здесь для нашей цели я буду использовать слово «звезда» по отношению к системам от Двух до шести звезд, гравитационно связанных друг с другом.



С другой стороны, предположим, что Альфа Центавра нацелена под углом 15 минут от прямого попадания в Солнце. Отклонение на 15 минут можно представить так: это – половина поперечника полной Луны, как мы ее видим. Допустим, мы нацелились в центр видимой стороны Луны, но попали только в самый ее край, это и будет отклонение на 15 минут. Однако Альфа Центавра, отклоняясь на 15 минут, прошла бы мимо нас на расстоянии  $1/50$  светового года, или около 180 миллиардов километров. Это в тридцать раз больше, чем расстояние от Плутона до Солнца. Альфа Центавра была бы тогда для нас очень яркой звездой на небе, но ее влияние на Землю с этого расстояния было бы ничтожным.

Есть и другой способ взглянуть на это. Среднее расстояние между звездами в нашей части Галактики составляет 7,6 световых лет, и средняя скорость, с которой они движутся в отношении друг друга, около 100 километров в секунду.

Заменим световые годы километрами и представим себе, что звезды уменьшены пропорционально и в поперечнике составляют  $1/10$  миллиметра. Эти крошечные звезды, которые походили бы на крошечные, еле различимые глазом зерна гравия, были бы распределены со средним расстоянием между собой 7,6 километра. Если расположить их на двухмерном поле, то на площади пяти районов города Нью-Йорка их бы поместилось четырнадцать.

Каждая из них двигалась бы со скоростью тоже пропорционально уменьшенной, то есть 30 сантиметров в год. Пред-

ставим себе, что эти четырнадцать зерен гравия разбросаны по пяти районам и каждое движется со скоростью 30 сантиметров в год в произвольном направлении, и спросим себя, каковы шансы, что два из них в конце концов столкнутся?

Подсчитано, что на окраинах Галактики шансов близкого подхода друг к другу двух звезд не более 1 из 5 миллионов за все 15 миллиардов лет жизни Галактики. Это означает, что даже через триллион лет до следующего космического яйца есть только 1 шанс из 80 000 приближения какой-либо звезды к нашей собственной. Этот тип катастроф настолько менее вероятен, чем любая из катастроф первого класса, что нет никакой необходимости о них беспокоиться.

К тому же астрономическая наука на ее сегодняшнем уровне (оставим в стороне более высокие уровни, которые могут быть достигнуты в будущем) способна за много тысяч лет заранее предупредить о возможном приближении звезды. Катастрофы гораздо более опасны, когда они наступают внезапно, неожиданно, не оставляя нам никакого времени для принятия контрмер. Впрочем, столкновение со звездой застало бы нас сейчас беспомощными, даже если бы нас предупредили много тысяч лет назад, но подобная беспомощность не обязательно может иметь место в будущем (что я поясню позднее), а значит, заблаговременное предупреждение даст возможность избежать столкновения или уклониться от него.

Обе эти причины, а именно чрезвычайно малая вероят-

ность того, что это случится, и уверенность, что мы будем предупреждены об этом за много тысяч лет, делают бессмысленным беспокойство об этой катастрофе.

Не забывайте, между прочим, что не имеет значения, является вторгающаяся звезда черной дырой или нет. Черная дыра не могла бы нас убить эффективнее, чем обычная звезда, хотя большая черная дыра по массе в сто раз больше нашего Солнца могла бы оказать свое смертоносное действие на вдесятеро большем расстоянии, чем обычная звезда, так что точность, с которой бы она набрасывалась на нас, не обязательно должна быть такой высокой.

Тем не менее очень вероятно, что крупные черные дыры настолько редки, что, даже допуская их большую сферу активности, шансов, что одна из них приблизится катастрофически близко, в миллионы раз меньше, чем у обычной звезды.

Разумеется, существуют объекты, кроме звезд, которые могут совершить катастрофическое приближение, в некоторых случаях с небольшим по времени предупреждением или даже без него – в свое время мы рассмотрим эти возможности.

## **На орбитах вокруг центра галактики**

Одна из причин малой вероятности столкновения нашего Солнца с другой звездой основана на том, что звезды по-

близости от нас, в конечном счете, не двигаются беспорядочно, как пчелы в рое. Мы могли бы обнаружить это случайное движение в центре Галактики или в центре шаровидного скопления, но не с Земли.

На окраинах Галактики ситуация скорее похожа на ситуацию в Солнечной системе. Галактическое ядро, занимающее сравнительно малую центральную часть Галактики, имеет массу в десятки миллионов раз больше массы Солнца, в эту массу могла бы, конечно, входить и центральная черная дыра при условии, что она существует. Это ядро, действуя как целое, служит галактическим «солнцем».

Миллиарды звезд галактической окраины циркулируют вокруг галактического ядра по орбитам, как планеты вращаются вокруг Солнца. Солнце, например, которое находится в 32 000 световых лет от галактического центра, движется около этого центра по почти круговой орбите со скоростью примерно 250 километров в секунду, и ему требуется около 200 миллионов лет для совершения одного оборота. Поскольку Солнце образовалось почти 5 миллиардов лет назад, оно за время своей жизни совершило 24 или 25 оборотов вокруг галактического центра, если считать, что его орбита не изменялась за это время.

Естественно, звезды, которые находятся ближе к галактическому центру, чем Солнце, движутся быстрее совершают оборот за меньшее время. Когда они нагоняют нас, они приближаются к нам, но, минуя нас на безопасном расстоянии,

они затем удаляются от нас. Таким же образом звезды, которые находятся дальше нас от галактического центра, движутся медленнее и совершают оборот за более длительный период. В то время как мы обгоняем такие звезды, они как бы приближаются к нам, но, минуя нас на безопасном расстоянии, они затем удаляются от нас.

Если бы все звезды двигались по орбитам, очень близким к круговым, и очень близко к одной плоскости и на очень разных расстояниях от точки, вокруг которой они вращаются (что верно в отношении планет в пределах Солнечной системы), то не было бы вообще никаких шансов столкновения или опасного сближения. Собственно говоря, за 15 миллиардов лет истории Галактики звезды, кажется, «распределились» в нечто похожее на такое расположение, что окраина Галактики образует плоское кольцо (внутри которого звезды расположились в комплексе спиральных структур), плоскость которого проходит через центр галактического ядра. Тот факт, что Солнце совершило двадцать пять оборотов по своей орбите без признака какого-либо сбоя, который мы могли бы обнаружить в геологической летописи Земли, показывает, с какой эффективностью это расположение работает.

Тем не менее в Солнечной системе существует только девять крупных планет, в то время как на окраинах Галактики миллиарды звезд значительных размеров. Даже если большинство звезд в отношении своих орбит вполне благонадежны

ны, имеется небольшой процент, за которым, однако, большое количество звезд, чьи орбиты внушают беспокойство.

Некоторые звезды обладают ясно выраженными эллиптическими орбитами. Вполне может быть, что орбита такой звезды проходит мимо нашей и в какой-то точке отделяется от нее относительно малым расстоянием; но каждый раз, когда Солнце проходит точку сближения орбит, другая звезда находится далеко, и наоборот. Тогда в конечном счете Солнце и другая звезда когда-нибудь, приблизительно в одно и то же время достигнут точки сближения и претерпят близкое схождение, но до этого «когда-нибудь» может пройти очень и очень много времени.

Впрочем, орбиты не обязательно остаются неизменными. Когда две звезды совершают умеренно близкое схождение, такое, которое еще недостаточно близко, чтобы разрушить планетарные системы (если они есть) обеих, обоюдный гравитационный эффект может просто немного изменить орбиты той и другой. На Солнце, даже если оно не вовлечено в подобное схождение, это тоже может сказаться. Например, две другие звезды могут совершить близкое схождение на другой стороне Галактики, и у одной из них может быть изменена (или «возмущена») орбита таким образом, что там, где она никогда ранее не приближалась к Солнечной системе, она получит такую возможность.

Конечно, может случиться и противоположное. К примеру, звезда, орбита которой могла бы привести ее опасно

близко к Солнечной системе, в результате возмущения без нашего участия может сместить свою орбиту так, что нигде к нам больше близко не подойдет.

Эллиптические орбиты представляют еще одну интересную проблему. Звезда с явно эллиптической орбитой может сейчас быть в нашей части Галактики, а сотню миллионов лет спустя, продвинувшись на другой конец своей орбиты, может оказаться дальше от галактического ядра, чем находится сейчас. Такая эллиптическая орбита, на которой в настоящее время звезда помещается по соседству с нами и поблизости от своего самого близкого подхода к галактическому ядру, не представляет для нас опасности. Ничего не может больше случиться при ее отходе.

Эллиптическая орбита может также поместить звезду по соседству с нами и близ своей дальней точки, но за сотни миллионов лет звезда может погрузиться глубже в Галактику и двигаться на гораздо меньшем расстоянии от галактического ядра. Это может привести к неприятностям.

Чем ближе к ядру, тем гуще расположены звезды, тем менее правильны и стабильны их орбиты. Звезда,двигающаяся внутрь Галактики, увеличивает вероятность возмущения. Прямое столкновение остается очень маловероятным, но существенно больше, чем на окраине. Вероятность сравнительно близкого схождения, способного вызвать возмущение орбиты, увеличивается примерно в таком же соотношении и становится достаточно ощутимой.

Весьма велика вероятность и того, что какая-нибудь звезда с окраины Галактики, если эллиптическая орбита выведет ее ближе к ядру, выйдет с немного измененной орбитой, которая, если не была нам опасной ранее, может стать опасной (или, конечно, наоборот). Собственно возмущение могло бы подействовать на нас и непосредственно.

Выше речь шла о звезде, которая могла бы пройти мимо нас на расстоянии, в тридцать раз большем, чем расстояние от Солнца до самой дальней планеты Плутон. Я говорил, что это не повлияет на нас. Не повлияет в том смысле, что не окажет серьезного влияния на движение Солнца или на окружающую среду на Земле. И еще менее повлияла бы, если бы прошла на расстоянии светового года от нас.

И все же какая-нибудь проходящая звезда, недостаточно близкая, чтобы причинить нам неприятность в виде дополнительного тепла, может несколько замедлить Солнце в его движении вокруг галактического Центра. В таком случае почти круговая орбита Солнца может быть трансформирована в чуть более эллиптическую, и она может оказаться несколько ближе к галактическому ядру, чем когда-либо была за две дюжины оборотов Солнца.

Ближе к галактическому ядру, то есть там, где вероятность возмущения несколько больше, и могут последовать дальнейшие изменения. Вступив в полосу сбоев, Солнце может в конечном счете оказаться на орбите, которая перенесет нас настолько близко ко внутреннему региону Галактики,



скажем, через миллиард лет, что общий радиационный фон станет настолько сильным, что полностью уничтожит жизнь. Вероятность этого совсем невелика, и все это может быть включено в тот единственный шанс из 80 000 в грядущий триллион лет.

Этот один шанс из 80 000 в грядущий триллион лет включает, однако, отдельные звезды. А как обстоит дело с шаровидными скоплениями? Шаровидные скопления не расположены в галактической плоскости, а распределены около галактического ядра сферической раковиной. Каждое шаровидное скопление вращается вокруг галактического ядра, но плоскость его вращения наклонена к галактической плоскости под большим углом. Если шаровидное скопление располагается высоко над галактической плоскостью, то оно, когда движется по своей орбите, идет под уклон, пересекает галактическую плоскость, опускается намного ниже нее, затем поднимается по склону, пересекает галактическую плоскость на противоположной стороне от галактического ядра и, возвращаясь в прежнее верхнее положение, завершает оборот.

Если шаровидное скопление находится на таком же расстоянии от галактического ядра, как и мы, тогда примерно каждые 100 миллионов лет оно будет пересекать галактическую плоскость. Если оно ближе к ядру, оно будет совершать это за более короткий период, если дальше – за более продолжительный. Поскольку в общем может быть до 200

подобных скоплений, можно ожидать, что какое-нибудь шаровидное скопление будет пересекать галактическую плоскость примерно каждые 500 000 лет, если среднее расстояние шаровидного скопления от галактического центра равно расстоянию от него Солнечной системы.

Шаровидное скопление в поперечнике в миллиарды миллиардов раз больше, чем одиночная звезда, и при пересечении им галактической плоскости вероятность столкновения его с какой-либо звездой в миллиарды миллиардов раз больше, чем в случае, если бы галактическую плоскость пересекала одна-единственная звезда.

Разумеется, природа столкновений неодинакова. Если бы наше Солнце встретилось со звездой, это было бы столкновение в чистом виде. Если бы Солнце встретилось с шаровидным скоплением, возможно, вообще бы не было никакого реального столкновения. Несмотря на то, что шаровидное скопление при рассмотрении с расстояния кажется наполненным звездами, оно, тем не менее, в очень значительной части – пустое пространство. Если бы Солнце наугад проходило сквозь шаровидное скопление, был бы только один шанс из триллиона на то, что оно столкнется с отдельной звездой в этом скоплении. (Шанс небольшой, но намного больший, чем если бы Солнце проходило по окраине Галактики только с одной отдельной звездой по соседству, как оно это и делает.) Однако, хотя и маловероятно, чтобы шаровидное скопление повредило Солнце в случае столкновения или

даже серьезно повлияло на окружающую среду Земли просто светом или теплом, все же был бы довольно значительный шанс, что в результате изменилась бы орбита Солнца и, вполне возможно, не к лучшему.

Вероятность возмущения увеличивается, когда столкновение становится все более, так сказать, «нос к носу», то есть когда Солнце проходит по шаровидному скоплению все ближе к центру скопления. И дело не только в том, что звезды в центре расположены гуще и увеличится шанс возмущения и возможного реального столкновения, но Солнце может тогда приблизиться к черной дыре с массой в тысячи солнц, которая может находиться в центре.

Вероятность возмущения или даже захвата может быть весьма серьезной, но в любом случае интенсивная радиация по соседству с черной дырой может положить конец жизни на Земле без воздействия на физическую структуру планеты.

Шансов на нечто подобное очень мало. Шаровидных скоплений немного, и только те, что проходят через плоскость Галактики в пределах дюжины световых лет от галактического ядра, могут представлять для нас опасность. В самом худшем случае одно или два скопления могли бы пройти на таком расстоянии, но шансы на то, что они пересекут плоскость как раз тогда, когда Солнце приблизится к этой части своей огромной орбиты, безусловно, очень малы.

К тому же опасность нашего столкновения с шаровидным скоплением является даже менее «дамокловой», чем близ-

кое схождение с отдельной звездой. Шаровидное скопление представляет собой более заметный объект, чем звезда, находящаяся на таком же расстоянии. И если бы шаровидное скопление двигалось таким образом, что вызывало бы наши опасения, мы бы могли за миллион лет или даже более иметь об этом предупреждение.

## **Мини-черные дыры**

Что касается столкновений с видимыми объектами, нам известно, что Солнце находится в безопасности на миллионы лет вперед. Ничто видимое не движется к нам с достаточно близкого расстояния, чтобы достичь нас в течение этого времени. Но, может быть, существуют объекты, которых мы не обнаружили и о существовании которых не знаем? Не может ли быть так, что один из них приближается и даже находится на пути к столкновению с Солнцем, не давая никакого предупреждения? Как обстоит дело с черными дырами размером с Cygnus X-1, не с гигантскими черными дырами, которые находятся в центре галактик и шаровидных скоплений и остаются там, а с черными дырами, которые размером со звезду и разгуливают по орбитам вокруг галактических центров? Разумеется, Cygnus X-1 обнаруживает свое присутствие большим количеством материи, которую поглощает у своей прекрасно видимой звезды-компаньона. Предположим, однако, что черная дыра образовалась благодаря

гибели одиночной звезды, без компаньонов.

Положим, что такая черная дыра одиночной звезды имеет массу в пять раз больше, чем у Солнца, а радиус, следовательно, 15 километров. Нет звезды-компаньона, чье присутствие выдает ее; нет звезды-компаньона, которая подпитывает ее массу и создает огромную радиацию рентгеновских лучей. Могут быть только легкие струйки газа между звездами, питающие ее, а это вызовет только крохотные искорки рентгеновских лучей, которые не будут особенно заметны на расстоянии.

Подобная черная дыра могла бы находиться в пределах светового года от нас и быть слишком маленькой физически и слишком инертной радиационно, чтобы ее можно было обнаружить. Она могла бы направляться прямо на Солнце, а мы бы не знали. Мы можем не знать, пока она не окажется почти рядом, и ее гравитационное поле не вызовет некоторые неожиданные возмущения в нашей планетарной системе, или пока не обнаружат очень слабый, но неуклонно усиливающийся источник рентгеновского излучения. Тогда мы будем иметь предупреждение о конце нашего света всего за несколько лет. Даже если она пройдет по Солнечной системе без столкновения, она может внести хаос в тонко настроенную небесную механику Солнечной системы.

Насколько вероятно, что это может случиться? Скорее всего, это нереально. Нужна очень большая звезда для превращения в черную дыру, а больших звезд не очень много. В

Галактике на каждые 10 000 видимых звезд возможна только одна черная дыра размером со звезду. Если имеется один шанс из 80 000, что за триллион лет обычная звезда столкнется в космосе с Солнцем, то имеется только один шанс из 800 миллионов, что с ним столкнется черная дыра размером со звезду. Это может случиться и в следующем году, но шансов почти секстиллион к одному, что этого не произойдет, и было бы совершенно глупо беспокоиться об этом.

Отчасти доводы против этих катастроф столь велики, потому что число черных дыр размером со звезду так невелико. Вместе с тем хорошо известно, что среди любого класса астрономических тел более мелкие разновидности многочисленнее, чем более крупные. А не может ли быть так, что маленькие черные дыры гораздо многочисленнее, чем большие? Маленькая черная дыра могла бы не наносить такого ущерба при ударе, как большая черная дыра, вместе с тем маленькие черные дыры могли бы принести достаточный ущерб, потому что маленькие дыры так многочисленны, что вероятность столкновения может вырасти угрожающе.

Однако в нашей Вселенной представляется маловероятным найти черные дыры, которые были бы в несколько раз меньше Солнца. Большая звезда могла бы сжаться в черную дыру под действием собственного гравитационного поля, но представляется, что не существует компрессионных сил для образования черной дыры из чего-либо меньшего, чем большая звезда.

Тем не менее это не исключает опасности. В 1974 году английский физик Стивен Хокинг предположил, что в ходе Большого взрыва вращающиеся массы материи и радиация произвели местами невероятное давление, которое в первые моменты образования Вселенной создало бесчисленные черные дыры различных масс, от звезды до крошечных объектов в килограмм и менее. Черные дыры массой меньше звезд Хокинг назвал «мини-черными дырами».

Расчеты Хокинга показали, что черные дыры не абсолютно сохраняют всю свою массу, но у материи есть возможность ускользнуть из них. Очевидно, для пар субатомных частиц имеется возможность образовываться прямо на радиусе Шварцшильда и спешить прочь в противоположных направлениях. Одна из частиц погружается обратно в черную дыру, другая сбегает. Этот постоянный побег субатомных частиц заставляет черную дыру вести себя так, словно у нее высокая температура, и медленно испаряться.

Чем менее массивна черная дыра, тем выше ее температура и тем сильнее ее тенденция к испарению. Это означает, что, когда мини-черная дыра в результате испарения сокращается, ее температура повышается и темп испарения неуклонно увеличивается до тех пор, пока остатки мини-черной дыры со взрывной силой не разлетаются и она не исчезает.

Очень маленькие мини-черные дыры не выдержали бы 15 миллиардов лет истории Вселенной и уже полностью бы ис-

чезли. Однако, если бы у мини-черной дыры масса была побольше, для начала хотя бы с айсберг, она бы была достаточно холодной, испарялась достаточно медленно и все еще существовала. Если бы за время существования ей удалось увеличить свою массу, что, вероятно, она могла бы сделать, то она охладилась бы еще больше и продлилось бы время ее существования<sup>5</sup>.

Даже если допустить исчезновение самых малых (и наиболее многочисленных) мини-черных дыр, все же может существовать очень много мини-черных дыр с массой порядка от массы маленького астероида до массы Луны. Хокинг подсчитал, что в Галактике может быть порядка трех сотен мини-черных дыр на кубический световой год. Если они придерживаются общего распределения материи, то большинство их находится в галактическом ядре. На окраине, где находимся мы, примерно тридцать мини-черных дыр на кубический световой год. В этом случае среднее расстояние между мини-черными дырами примерно в пятьсот раз больше, чем расстояние между Солнцем и Плутоном. Самая ближ-

---

<sup>5</sup> Черные дыры, по массе такие же, как звезды, имеют температуру порядка миллионной доли градуса по абсолютной шкале и испаряются настолько медленно, что для того, чтобы испариться, им потребовалось бы времени в триллионы триллионов триллионов раз больше, чем дело дойдет до следующего космического яйца. За это время они бы, несомненно, набрали чудовищную массу. Следовательно, черные дыры размером со звезду являются постоянными объектами и неуклонно растут, никогда не уменьшаясь. Поэтому новые взгляды Хокинга верны только по отношению к мини-черным дырам, и в особенности к малым мини-черным дырам.



няя к нам мини-черная дыра может находиться на расстоянии 1,6 триллиона километров.

Но даже на этом расстоянии (очень малом по космическим меркам) имеется достаточно места для маневра, и невелика вероятность, что дыра причинит ущерб. Мини-черной дыре, чтобы нанести ущерб, нужно нанести прямой удар, в то время как для черной дыры размером со звезду этого не требуется. Черная дыра размером со звезду может миновать Солнце на существенном расстоянии, но, проходя по соседству с Солнечной системой, способна вызвать приливной эффект на Солнце, что может серьезно повлиять на его свойства. Она может также значительно возмутить орбиту Солнца с неблагоприятными последствиями; или, что касается Земли, губительно возмутить ее орбиту.

С другой стороны, мини-черная дыра может пройти по Солнечной системе вообще без какого-нибудь заметного влияния на Солнце, крупные планеты и спутники. Насколько нам известно, некоторое количество мини-черных дыр проскользнуло мимо нас, а несколько, может быть, двигаются среди планет, не причиняя нам никакого вреда.

Однако что случится, если мини-черная дыра и впрямь попадет в Солнце? Что касается ее массы, то, насколько можно судить, это не оказало бы на него серьезного воздействия. Даже если бы мини-черная дыра имела массу Луны, она составила бы только  $1/26\,000\,000$  массы Солнца, приблизительно то, что для вас десятая часть капли воды.

Но масса – это еще не все, что имеет значение. Если бы Луна направилась на столкновение с Солнцем, то, если бы она не двигалась очень-очень быстро, она бы испарилась еще до попадания в Солнце. Даже если бы часть ее и сохранилась ко времени столкновения, она бы не проникла очень глубоко, не превратившись в пар.

Мини-черная дыра, однако, не превращалась бы в пар и не испытывала бы на себе в каком-либо смысле воздействия Солнца. Она бы просто пряталась, поглощала по пути массу, вырабатывая огромную энергию. Она бы росла всю дорогу и прошла бы сквозь Солнце, представляя собой на выходе гораздо более крупную мини-черную дыру, чем на входе.

Что это может повлечь за собой для Солнца, сказать очень трудно. Если бы мини-черная дыра нанесла скользящий удар и просто прошла через верхние слои Солнца, эффект мог бы и не быть губительным. Однако, если бы мини-черная дыра нанесла удар Солнцу в лоб и пробилась бы через его центр, это подорвало бы тот регион Солнца, в котором происходят ядерные реакции и вырабатывается солнечная энергия.

Что бы тогда произошло, я не знаю; это зависело бы от того, как скоро Солнце «вылечит» себя. Возможно, производство энергии было бы нарушено, и, прежде чем оно бы возобновилось, Солнце бы совсем обессилело или взорвалось. Если это случится сравнительно неожиданно и скоро, в обоих случаях это будет для нас полной катастрофой.

Наконец, предположим, что мини-черная дыра ударит по

Солнцу со скоростью, относительно него сравнительно невысокой. Сопротивление, которое она встретит, проходя через материю Солнца, может замедлить, остановить ее, но, оставаясь в пределах Солнца, она опустится к его центру.

Что же тогда? Не будет ли она постепенно поглощать материю Солнца изнутри? Если так, снаружи для нас это будет незаметно. Солнце сохранит свою массу и свое гравитационное поле неизменными; планеты продолжат двигаться по своим невозмущенным орбитам; Солнце будет излучать свою энергию, словно ничего не происходит. Однако, несомненно, в какой-то критической точке для поддержания Солнца в его настоящей форме материи окажется недостаточно. Оно целиком провалится в черную дыру с излучением огромного количества губительной радиации, которая уничтожит всю жизнь на Земле. Или, даже если мы представим себе, что каким-то образом переживем губительное действие радиации, Земля тогда будет вращаться вокруг черной дыры, поглотившей всю массу Солнца (так, что орбита Земли останется без изменения), которая станет так мала, что ее нельзя будет увидеть, а о радиации нечего и говорить. Температура Земли упадет почти до абсолютного нуля, и это уничтожит нас.

А не могло ли быть так, что мини-черная дыра попала в Солнце миллион лет назад и с тех пор продолжает действовать? Не может ли Солнце без всякого предупреждения вдруг разрушиться?

Мы не можем произнести категорическое «нет», но давайте вспомним, что даже при том количестве мини-черных дыр, которое насчитал Хокинг, шансов попасть в Солнце очень мало, шансов для смертельных ударов по центру Солнца еще меньше, шансов ударить по Солнцу со скоростью относительно него такой малой, что это позволит мини-черной дыре поглотить его, – еще меньше. К тому же расчеты Хокинга представляют нам разумный максимум. Вполне вероятно, что мини-черных дыр гораздо меньше, может быть, даже значительно меньше. А это бы еще значительно снизило шансы.

Собственно, кроме расчетов Хокинга, иных призраков мини-черных дыр вообще нет. Практически мини-черных дыр никто не обнаружил, не было зафиксировано и никакого явления, которое можно было бы объяснить мини-черными дырами. (Даже существование таких черных дыр размером со звезду, как Cygnus X-1, связано со свидетельством, которое еще не убедило всех астрономов.) Много информации о Вселенной еще нужно приобрести до того, как мы установим реальную вероятность этого вида катастроф, но все же мы можем быть уверены, что она не в пользу катастроф. В конце концов, Солнце просуществовало пять миллиардов лет без разрушений, и нам также не случилось наблюдать какой-нибудь звезды, вдруг подмигнувшей нам так, словно ее наконец поглотила добравшаяся до ее центра мини-черная дыра.

## Антиматерия и свободные планеты

Одиночная черная дыра – не единственный объект во Вселенной, который мог бы добраться до нас. Существует еще один вид объектов, который почти столь же опасен, но чье существование еще более проблематично.

Обычная материя вокруг нас состоит из крошечных ядер, окруженных электронами. Ядра образованы из двух видов частиц, протонов и нейтронов, каждый из которых несколько больше чем в 1800 раз превышает массу электрона. Таким образом материя вокруг нас состоит из трех типов субатомных частиц: электронов, протонов и нейтронов.

В 1930 году Поль Дирак (тот, который первым предположил, что гравитация может со временем ослабевать) дал теоретическое обоснование существования «античастиц». Мол, должна существовать, например, такая же частица, как электрон, но несущая противоположный электрический заряд. В то время как электрон несет отрицательный электрический заряд, его античастица должна нести положительный. Два года спустя американский физик Карл Дэвид Андерсон (р. 1905) действительно обнаружил этот положительно заряженный электрон. Он был назван «позитрон», хотя о нем также можно говорить как об «антиэлектроне».

В свое время были также открыты «антипротон» и «антинейтрон». В то время как протон несет положительный за-

ряд, антипротон несет отрицательный. Нейтрон не несет заряда, не несет заряда и антинейтрон, но они противоположны по другим своим свойствам. Антиэлектрон, антипротон и антинейтрон могут сойтись вместе и образовать «антиатомы», а те могут превратиться в «антивещество» или «антиматерию».

Если антиэлектрон встретится с электроном, произойдет аннигиляция, то есть они уничтожат друг друга, свойства одного аннулируют противоположные свойства другого, а масса обоих преобразуется в энергию в форме гамма-лучей. (Гамма-лучи похожи на рентгеновские лучи, но имеют более короткие волны и, следовательно, более активны.) Точно таким же образом аннигилируют друг друга антипротон и протон, а также антинейтрон и нейтрон. В общем, антиматерия может аннигилировать эквивалентную массу материи, если они встретятся друг с другом.

Количество энергии, высвобождающейся в подобной «взаимной аннигиляции», огромно. Водородный синтез, производящий взрыв водородной бомбы и питающий энергию звезд, преобразует в энергию около 0,7 процента участвующего в реакции вещества. Взаимная аннигиляция же преобразует в энергию 100 процентов вещества. Таким образом, бомба вещество-антивещество была бы в 140 раз мощнее водородной бомбы такой же массы.

Это имеет значение еще в одном аспекте: энергию возможно преобразовать в вещество, в материю. Однако по-

сколькy для образования энергии требуется совместить частицу и античастицу, постолькy преобразование в материю производит как частицу, так и соответствующую ей античастицу. Кажется, от этого никуда не деться.

В лаборатории физик может изготовить за один раз всего несколько частиц и античастиц, но в период после Большого взрыва энергия была преобразована в вещество в количестве, достаточном для образования целой Вселенной. Однако, если это было так, антиматерия должна была образоваться в таком же количестве. Поскольку это должно быть так, где же находится эта антиматерия?

На планете Земля существует только одна материя. Несколько античастиц могут быть созданы в лаборатории или существуют в космических лучах, но их количество ничтожно, и отдельные античастицы почти сразу же, как только встречаются с эквивалентными частицами, исчезают при взаимной аннигиляции, выделяя гамма-лучи.

Игнорируя эти незначительные случаи, мы можем сказать, что Земля вся состоит из материи – и это тоже неплохо. Если бы я был наполовину из материи и наполовину из антиматерии, то одна половина тотчас бы аннигилировала другую, и не было бы никакой Земли, а только один обширный огненный шар гамма-лучей. Собственно, совершенно ясно, что вся Солнечная система, вся Галактика, даже все локальные скопления являются материей. Иначе мы бы обнаружили гораздо большее образование гамма-лучей, чем мы на-

блюдаем.

А быть может, некоторые галактические скопления являются материей, а некоторые – антиматерией? Быть может, во времена Большого взрыва образовались две вселенные, одна из материи, другая из антиматерии? Мы не знаем. Где антиматерия – это пока что нерешенная загадка. Если тем не менее существуют как галактические скопления, так и антигалактические скопления, то каждое сохраняет свою целостность, потому что расширяющаяся Вселенная держит их в отдельности на все больших и больших расстояниях.

Не может ли тогда быть так, что в результате того или иного случайного события часть антиматерии будет выброшена из антигалактического скопления и в конце концов попадет в галактическое скопление, или, наоборот, материя, выброшенная из галактического скопления, в конце концов попадет в антигалактическое скопление?

Антизвезда в нашей Галактике не могла бы быть признана таковой только по ее виду, вокруг нее должен был бы быть хороший межзвездный вакуум. Но даже тогда она бы испускала гамма-лучи, так как частицы материи в космосе реагировали бы с частицами антивещества, испускаемыми звездой, и две группы частиц претерпевали бы взаимную аннигиляцию. Никаких подобных явлений пока не наблюдалось, но могут быть и в нашей Галактике более мелкие тела, более многочисленные и легче выбрасываемые, чем крупные, – объекты размером с планету или астероид, которые являют-



ся антивеществом.

Не может ли какой-нибудь из них попасть в Солнце без предупреждения? В конечном счете, подобный объект слишком мал, чтобы увидеть его на большом расстоянии. Но даже если и можно было бы его увидеть вряд ли возможно признать его антивеществом до того, как произойдет попадание.

Тем не менее нет особых причин волноваться по этому поводу. Мы пока не располагаем свидетельствами, что ощутимых размеров глыбы антивещества странствуют по нашей Галактике. К тому же для их попадания в Солнце шансов не больше, чем для мини-черных дыр.

И даже если подобная капля антивещества попадет в Солнце, урон, нанесенный ею, безусловно, будет более ограничен, чем в случае попадания в него мини-черной дыры эквивалентной массы. Мини-черная дыра перманентна и может расти за счет Солнца; глыба антивещества не может сделать ничего более, как аннигилировать часть Солнца, равную своей массе, и затем исчезнуть.

Остается все же еще третий класс объектов, которые могут оказаться по соседству с Солнечной системой, и вместе с тем их нельзя увидеть задолго до их приближения. Это не черные дыры, не антивещество, а вполне обычные объекты, которые избежали нашего внимания просто потому, что они малы.

Мы можем обосновать их существование следующим.

Я уже упоминал о том, что в любом классе астрономиче-

ских тел число мелких членов класса превышает число крупных членов. Таким образом, мелкие звезды многочисленнее крупных.

Звезды, примерно равные по размеру Солнцу (которое является звездой средней величины), составляют только 10 процентов всех звезд, которые мы видим. Гигантских звезд с массой, раз в пятнадцать превышающей массу Солнца, намного меньше. Существует сотня подобных Солнцу звезд на каждую звезду-гигант. С другой стороны, мелкие звезды с массой в половину массы Солнца и менее составляют три четверти звезд Вселенной, насколько можно судить по их распространенности в нашем окружении (Такие мелкие звезды трудно различимы, их не видно на больших расстояниях. Следовательно, мы получаем верное представление об их распространенности только при изучении нашего близкого окружения, где они достаточно близко, чтобы их увидеть. На больших расстояниях мы видим только крупные звезды и получаем неверное представление о составе Вселенной).

Тело, составляющее всего лишь около одной пятой массы нашего Солнца, обладает вполне достаточной массой, чтобы разрушить в своем центре атомы и начать ядерную реакцию. Такое тело едва нагревается до красного каления и может быть еле заметным даже на довольно малых звездных расстояниях.

Все же нет причины думать, что существует некий нижний предел в образовании таких объектов, и что этот нижний

предел совпадает с массой, при которой начинаются ядерные реакции. Возможно, существует некоторое количество сформировавшихся «субзвезд», тела которых слишком малы, чтобы в их центре началась ядерная реакция, или она начинается, но степень разогрева не достигает красного каления.

Мы могли бы считать их планетами, если бы они были частью Солнечной системы, и, возможно, именно так нам и следует их рассматривать – как планеты, которые образовались самостоятельно и, не обязанные верностью никакой звезде, самостоятельно вращаются вокруг галактического ядра.

Очень вероятно, что подобные «свободные планеты» могут быть сформированы в гораздо больших количествах, чем сами звезды, и могут быть вполне обычными объектами – и все же оставаться невидимыми для нас, как оставались бы невидимыми планеты нашей Солнечной системы, такие близкие, не отражая они свет находящегося рядом Солнца.

Каковы же тогда шансы, что одна из этих свободных планет войдет в Солнечную систему и произведет разгром?

Самые крупные свободные планеты должны быть распространены по крайней мере так же часто, как самые мелкие звезды, но, учитывая обширность межзвездного пространства, это все-таки не настолько часто, чтобы шансы их встречи с нами были велики. Более мелкие свободные планеты должны быть более многочисленны, а совсем мелкие еще бо-

лее многочисленны. Отсюда следует, что чем меньше такой объект, тем больше его шансы на встречу с Солнечной системой.

Вполне возможно, что вторжение в Солнечную систему свободных планет размером с астероид гораздо более вероятно, чем вторжение проблематично существующих черных дыр или антиматерии. Но, вместе с тем, свободные планеты намного менее опасны, чем любой из двух упомянутых объектов. Мини-черные дыры неопределенно долго поглощали бы материю, поражая Солнце, тогда как антиматерия аннигилировала бы материю. Свободные планеты, состоящие из обычной материи, просто бы испарились.

Если бы нам стало известно об астероиде, находящемся на пути к столкновению с Солнцем, мы, возможно, не сумели бы определить, вторгся ли он из межзвездного пространства или это один из наших местных объектов, которого мы до той поры случайно не замечали, или, может быть, объект, орбита которого возмущена в ходе столкновения.

Возможно, такие вторгающиеся объекты проходили через Солнечную систему бесконечно много раз и не нанесли никакого ущерба. Также и те мелкие объекты внешней Солнечной системы с подозрительно неправильными орбитами предположительно могут быть свободными планетами, захваченными в пути. К ним можно отнести внешний спутник Нептуна – Нереиду, внешний спутник Сатурна – Феб и любопытный, открытый в 1977 году объект – Хирон, который

вращается вокруг Солнца по эллиптической орбите, лежащей между орбитами Сатурна и Урана.

Насколько нам известно, в сущности, Плутон и его спутник (последний открыт в 1978 году) могут быть крошечной, независимой «солнечной системой», которая была захвачена Солнцем. Подтверждение этого сделало бы необычный наклон и эксцентриситет орбиты Плутона менее удивительными.

Остается еще один возможный вид столкновений – столкновений с объектами в межзвездном пространстве: встречи с объектами настолько мелкими, как частички пыли или отдельные атомы. Межзвездные облака такой пыли и газа обычны в космосе, и Солнце не только может «сталкиваться» с подобными объектами, но, несомненно, не раз так и делало. Воздействие на Солнце этих столкновений незначительно, но для нас это не вполне так. Впрочем, это предмет, к которому я обращусь в книге позднее, при более подходящем случае.

# 6. Смерть Солнца

## Источник энергии

Возможные катастрофы второго класса из-за вторжения в Солнечную систему объектов извне не являются следствием чего-то определенного. Вероятность их в некоторых случаях столь мала, что для нас гораздо более вероятно попасть в катастрофу первого класса, такую, например, как образование нового космического яйца. В других случаях, когда вторжения представляются более вероятными, они обладают ничтожным для Солнца потенциалом.

Значит ли это, что нам совершенно не угрожает катастрофа второго класса? Можем ли мы заключить, что наше Солнце навечно в безопасности или по крайней мере в безопасности, пока существует Вселенная?

Отнюдь не так. Даже если исключить вторжения извне, есть основания полагать, что Солнце не в безопасности и что катастрофа второго класса, включая целостность самого Солнца, не только возможна, но и неизбежна.

В донаучные времена Солнце широко почиталось милосердным богом, от дружеского света и тепла которого зависело человечество и вообще вся жизнь. Его движение на небесах внимательно прослеживалось. Было установлено, что его

путь по небу неуклонно поднимался вверх, пока не достигал пика 21 июня (летнее солнцестояние в Северном полушарии). Потом он опускался вниз неба вплоть до 21 декабря (зимнее солнцестояние), и затем цикл повторялся.

Даже доисторическая культура, по-видимому, знала способы проверки положения Солнца со значительной точностью; представляется, например, что камни Стоунхенджа расставлены так, чтобы, помимо прочего, отмечать время летнего солнцестояния.

Естественно, до того как была понята истинная природа движения и местоположения Земли, не могло не возникать опасений, что Солнце, достигнув зимнего солнцестояния, может не повторить своего цикла и, продолжая опускаться, исчезнет совсем, и приведет все живое к гибели. Именно так, как «Фимбулвинтер» (суровая зима – исландок.), предвещают конец света скандинавские мифы: Солнце исчезнет, и начнется ужасный период темноты и холода, который продлится три года, а после него наступит Рагнарек и конец. Даже в более солнечных краях, где вера в вечную милость Солнца была, естественно, значительно сильнее, время зимнего солнцестояния, когда Солнце переставало опускаться, поворачивалось и начинало поднимать свой путь по небу, опять же было поводом к выражению чувства облегчения.

Лучше всего нам с древних времен известно празднование солнцестояния у римлян. Римляне верили, что их бог сельского хозяйства – Сатурн правил миром во времена

древнего золотого века богатых урожаев и обилия пищи. Тогда неделя зимнего солнцестояния с ее обещанием возвращения лета и золотого времени сатурновского сельского хозяйства праздновалась как «Сатурналии» с 17 по 24 декабря. Это был период бесконечного веселья и радости. Всякие работы прекращались, и ничто не нарушало торжества, направо и налево раздавались подарки. Это была пора братства, слуги и рабы получали на время свободу, и в дни празднества им разрешалось присоединяться к хозяевам.

Сатурналии не исчезли. По мере усиления христианства в Римской империи оно отказалось от надежды отменить веселье при возрождении Солнца. Поэтому некоторое время спустя после 300 года нашей эры христианство поглотило это празднество с помощью произвольного объявления 25 декабря днем рождения Иисуса (на что нет абсолютно никаких библейских доказательств). Празднование рождения Солнца было таким образом превращено в празднование рождения Сына (В оригинале игра слов: sun – Солнце и son – сын, которые произносятся одинаково.).

Естественно, христианское мышление не могло позволить отождествить Бога с каким-либо определенным объектом в обозримой Вселенной, так что Солнце было смещено со своего божественного положения. Смещение, тем не менее, было минимальным. Солнце оставалось прекрасным средоточием небесного света, неизменным и вечным, до тех пор пока Бог, вызвавший его к жизни на четвертый день творения,



не соблаговолит положить ему конец. Пока оно существовало, оно, в своем сиянии и в своем неизменном совершенстве, было наиболее очевидным, зримым символом Бога.

Первым вторжением науки в этот мифический образ Солнца было открытие Галилеем в 1609 году солнечных пятен. Его наблюдения определенно свидетельствовали о том, что пятна эти были частью солнечной поверхности, а не облаками, затемняющими его поверхность. Солнце, уже больше не совершенное, вызывало и нарастающие сомнения в его вечности. Чем больше ученые узнавали об энергии на Земле, тем больше они задумывались об источнике энергии Солнца.

В 1854 году Гельмгольц, немало сделавший для утверждения закона сохранения энергии, представлял себе, насколько важно установить источник энергии Солнца, иначе закон сохранения мог не иметь силы. Одним из источников, который казался ему приемлемым, было гравитационное поле. Солнце, как он предполагал, постоянно сжимается под влиянием своей гравитации, и энергия этого направленного внутрь движения-падения всех его частей преобразуется в радиацию. Если это так и если энергетический источник Солнца конечен (а было ясно, что так оно и есть), тогда и у Солнца должны быть начало и конец (Конечно, если закон сохранения энергии имеет место, любой источник снабжения Солнца энергией должен когда-нибудь истощиться. Следовательно, закон сохранения энергии означает, что Солнце должно было родиться и оно должно умереть; иными словами, бы-

ло время, когда Солнце не было знакомым нам объектом настоящего, и настанет время, когда Солнце больше не будет знакомым нам объектом настоящего. Все, что подлежит обсуждению, – это детали процесса.)

Вначале, по мнению Гельмгольца, Солнце было очень тонким облаком газа, и его медленное сжатие в еще не очень интенсивном гравитационном поле давало лишь немного лучистой энергии. Только с продолжением сжатия, когда гравитационное поле, оставаясь неизменным по общей силе, концентрировалось в меньшем объеме и, следовательно, становилось более интенсивным, а сжатие было быстрым, Солнце стало производить энергию такого вида, с которым мы знакомы.

Около 25 миллионов лет назад Солнце сжалось до диаметра 300 миллионов километров, и лишь после этого оно сжалось до размера меньше, чем орбита Земли. Тогда в какой-то момент, менее чем 25 миллионов лет назад, могла образоваться Земля.

В будущем Солнцу предстоит умереть, потому что в конце концов оно не сможет больше сжиматься, а значит, источник его энергии будет исчерпан, и оно больше не станет излучать энергию, но остынет и превратится в холодное, мертвое тело, что определенно будет и финальной катастрофой для нас. Учитывая, что Солнцу потребовалось 25 миллионов лет на то, чтобы сжаться от размера орбиты Земли до его настоящего размера, можно предположить, что оно сойдет

на нет примерно через 250 000 лет, и это будет все время, оставшееся для существования жизни на Земле.

Геологи, изучая изменения земной коры, убеждались в том, что Земля должна быть старше 25 миллионов лет. Биологи, изучая изменения в процессе биологической эволюции, тоже убеждались в этом. Однако отказаться от аргументации Гельмгольца значило отвергнуть закон сохранения энергии или надо было найти новый, более мощный источник энергии для Солнца. Именно вторая альтернатива спасла положение. Новый источник энергии был найден.

В 1896 году французский физик Антуан Анри Беккерель (1852—1908) открыл радиоактивность, и вскоре обнаружилось, что существует неожиданный и огромный резерв энергии в ядре атома. Если бы Солнце могло как-то использовать этот резерв, то не было бы необходимости предполагать, что оно все время сжимается. Оно могло бы излучать энергию за счет распада атомов в течение продолжительного времени без значительного изменения своего размера.

Просто говорить, что Солнце (и, таким образом, вообще все звезды) обладает атомной энергией, само по себе не убедительно. Но ядерная ли энергия делает Солнце Солнцем?

Еще в 1862 году шведский физик Андерс Йонас Ангстрем (1814—1874) спектроскопически обнаружил в Солнце водород. Постепенно стало известно, что этот самый простой из всех элементов очень распространен в Солнце. В 1929 году американский астроном Генри Норрис Рассел (1877—

1957) доказал, что Солнце в основном и состоит из водорода. Теперь мы знаем, что оно на 75% состоит из водорода и на 25% из гелия (второй простейший элемент), причем более сложные атомы присутствуют только в небольших долях процента. Из этого ясно лишь то, что если на Солнце происходят ядерные реакции, являющиеся источником его лучистой энергии, то эти реакции должны быть связаны с водородом и гелием. Ничего больше в достаточном количестве там нет.

Между тем в начале 20-х годов английский астроном Артур Стэнли Эддингтон (1882—1944) установил, что температура в центре Солнца составляет миллионы градусов. При такой температуре атомы расщепляются, электронная оболочка разлетается и обнаженные ядра могут ударяться друг о друга с такой силой, что начинается ядерная реакция.

Солнце действительно началось с разреженного облака пыли и газа, как и предполагал Гельмгольц. Оно действительно медленно сжималось, выделяя в процессе сжатия лучистую энергию. Тем не менее, когда оно сжалось до размера, близкого к настоящему, когда стало достаточно горячим, чтобы положить начало ядерным реакциям, оно засверкало в настоящем смысле этого слова. И как только это произошло, оно длительное время сохраняет свой размер и свою лучистую интенсивность.

Наконец, в 1938 году американский физик немецкого происхождения Ганс Альберхт Бете (р. 1906), используя

лабораторные данные относительно ядерных реакций, сделал вывод о природе реакций, которые имеют место внутри Солнца и производят энергию. Это – сложное преобразование ядер водорода в ядра гелия («водородный синтез») через ряд вполне определенных этапов.

Водородный синтез производит достаточное количество энергии, чтобы сохранить сияние Солнца в его настоящем виде в течение длительного времени. Астрономы теперь убеждены в том, что Солнце в настоящем своем виде сияет в течение примерно 5 миллиардов лет. И действительно теперь считают, что Земля, Солнце и Солнечная система в настоящем их виде существуют примерно 4 миллиарда лет. Это по времени соответствует тем имеющим место изменениям, которые наблюдают геологи и биологи.

Это также означает, что Солнце, Земля и Солнечная система в целом могут продолжать существовать (при отсутствии вмешательства извне) еще в течение миллиардов лет.

## **Красные гиганты**

Хотя ядерная энергия поддерживает излучение Солнца, это не может продолжаться вечно. Энергетического запаса хватит еще на миллиарды лет, но в конце концов он должен иссякнуть.

До 40-х годов предполагалось, что каким бы ни был источник энергии Солнца, постепенное истощение этого источни-

ка приведет к тому, что Солнце охладится, под конец станет тусклым и совсем потемнеет, а Земля замерзнет в бесконечной Фимбулвинтер.

Однако возникли новые методы изучения эволюции звезд, и эта катастрофа холода оказалась неадекватной картиной конца.

Звезда находится в равновесии. Ее собственное гравитационное поле порождает тенденцию к сжатию, в то же время тепло ядерных реакций внутри нее порождает тенденцию к расширению. Одно уравнивает другое, и поскольку ядерные реакции продолжаются, равновесие поддерживается, и звезда визуально остается неизменной.

Чем массивней звезда, тем сильнее ее гравитационное поле и сильнее тенденция к сжатию. Чтобы такая звезда сохранила свой объем, она должна подвергаться ядерным реакциям в большем темпе, развивая более высокую температуру, необходимую для уравнивания сильной гравитации.

Следовательно, чем массивней звезда, тем более горячей должна она быть и тем скорее она должна израсходовать свое ядерное топливо – водород. Начнем с того, что более массивная звезда содержит водорода больше, чем звезда менее массивная. Рассматривая все более и более массивные звезды, мы заметим, что топливо, которое необходимо тратить для уравнивания гравитации, должно сгорать значительно быстрее, чем возрастает наличие водорода. Это означает, что более массивная звезда использует свой большой водород-

ный запас быстрее, чем менее массивная звезда использует свой меньший запас водорода. Короче, чем массивней звезда, тем быстрее она расходует свое топливо и тем быстрее она проходит различные стадии своей эволюции.

Предположим тогда, что мы изучаем скопления звезд – не шаровидные скопления, которые содержат так много звезд, что отдельные звезды неудобно изучать, а «открытые скопления», в которых только от нескольких сотен до нескольких тысяч звезд, разбросанных достаточно далеко друг от друга, чтобы позволить их индивидуальное изучение. Существует около тысячи таких скоплений, видимых в телескоп, а некоторые, такие, как Плеяды, достаточно близки, так что более яркие из звезд видны невооруженным глазом.

Все звезды в открытом скоплении, предположительно, сформировались приблизительно в одно время, из единого обширного облака пыли и газа. Из этой общей отправной точки, тем не менее, более массивные продвинулись бы дальше по пути эволюции, чем менее массивные, и на этом пути мог бы быть получен весь спектр позиций. Путь этот будет обозначен, если температуры и полные яркости расположить по отношению масс. Для того чтобы понять, что происходит внутри звезды, астрономы в качестве гида могут использовать свои возрастающие знания относительно ядерных реакций.

Оказывается, хотя звезда в конечном счете остывает, она проходит через длительный период, в течение которого она

на самом деле становится горячее. Когда в недрах звезды водород преобразуется в гелий, ее внутренность становится все богаче гелием и поэтому более плотной. Возрастающая плотность усиливает гравитационное поле внутренности, она сжимается и вследствие этого становится горячее. По этой причине постепенно полностью нагревается и вся звезда, так что, в то время как центр сжимается, вся звезда в целом слегка расширяется. Со временем центр становится настолько горячим, что могут иметь место новые ядерные реакции. Ядра гелия внутри него начинают комбинироваться и образовывать новые более сложные ядра более тяжелых элементов, таких как углерод, кислород, магний, кремний и тому подобные.

И вот в центре внутренности становится настолько горячо, что равновесие полностью нарушается в сторону расширения. Вся звезда в целом начинает увеличиваться в ускоренном темпе. Когда она расширяется, общая энергия, излучаемая звездой, увеличивается, но эта энергия распространяется по более обширной поверхности, которая увеличивается в размере даже еще быстрее. Следовательно, температура любой части быстро увеличивающейся поверхности снижается. Поверхность охлаждается до такого уровня, что она накаляется лишь докрасна, вместо того чтобы накаляться добела, как в молодости звезды.

Результатом является «красный гигант». В небе сейчас существуют такие звезды. Звезда Бетельгейзе в Орионе – один



пример, Антарес в Скорпионе – другой.

Рано или поздно все звезды доходят до стадии «красного гиганта», причем более массивные звезды совершают это раньше, менее массивные – позже.

Есть звезды настолько огромные, массивные и сверкающие, что они останутся в стадии стабильного синтеза водорода (обычно называемой «главной последовательностью») менее миллиона лет, а затем раздуются в красный гигант. Другие же звезды настолько маленькие, с небольшой массой и тусклые, что будут оставаться в главной последовательности до двухсот миллиардов лет, прежде чем станут красными гигантами.

Размер красных гигантов также зависит от массы. Чем массивнее звезда, тем до большего объема она раздувается. По-настоящему массивная звезда раздувалась бы до диаметра во много сотен раз больше нынешнего диаметра нашего Солнца, в то время как маленькие звезды раздувались бы до диаметра только в несколько раз больше его диаметра.

Где же на этой шкале место нашему Солнцу? Солнце – это звезда средней массы и, значит, имеет период жизни в главной последовательности средней продолжительности. Оно в конечном счете станет красным гигантом среднего размера. Для звезды с массой Солнца общая длительность времени, которое она проведет в главной последовательности, спокойно и непрерывно синтезируя водород, составляет примерно 13 миллиардов лет. Солнце уже находится в главной по-

следовательности почти 5 миллиардов лет, и это означает, что в его распоряжении осталось немного более 8 миллиардов лет. В течение всего этого времени Солнце (как и любая звезда) медленно разогревается. В последний миллиард лет его главной последовательности разогрев Достигнет такого значения, что Земля окажется слишком горячей для жизни. Следовательно, мы можем заглядывать вперед самое большее на 7 миллиардов лет, в течение которых будет существовать достойное Сатурналий, дающее жизнь Солнце.

Несмотря на то, что 7 миллиардов лет совсем не короткий период, это гораздо более короткий период, чем тот, который может пройти до наступления катастрофы первого класса.

Время, когда Солнце начнет переходить в стадию красного гиганта и жизнь на Земле станет невозможной, может спокойно продлиться почти триллион лет до следующего космического яйца. Так что пребывание Солнца в главной последовательности составляет менее одного процента жизни Вселенной – от космического яйца до космического яйца.

К тому времени, когда Земля больше не будет подходящим местом для жизни (после того как она прослужила в этом качестве в продолжение примерно 10 миллиардов лет), Вселенная в целом не будет намного старше, чем сейчас, и много будущих поколений звезд и планет, еще не родившихся, сыграют свою роль в космической драме.

Если предположить, что человечество все еще будет существовать спустя 7 миллиардов лет от нашего времени (от-

нюдь не плохое предположение, конечно), то оно вполне может постараться избежать этой чисто локальной катастрофы и продолжить оккупацию невозмутимо процветающей Вселенной. Избежать этого будет не так-то просто, ведь, безусловно, на Земле нигде не будет убежища. Когда Солнце достигнет пика своего красного гигантизма, его диаметр станет более чем в 100 раз больше его теперешнего диаметра, так что и Меркурий, и Венера будут поглощены его расширившейся материей. Земля может остаться не поглощенной массой Солнца, но даже если она избежит этого, то вполне вероятно, что огромное тепло, которое она получит от гигантского Солнца, испарит ее.

Однако не все потеряно. Во всяком случае налицо заблаговременное предупреждение. Если человечество переживет эти миллиарды лет, в течение этих миллиардов лет оно будет знать, что ему надо как-то планировать спасение. Поскольку технологическая компетенция человечества возрастает (учитывая, насколько далеко оно продвинулось за последние двести лет, можно представить себе, как далеко оно может продвинуться за 7 миллиардов лет), спасение может стать возможным.

Когда Солнце расширится, внутренняя солнечная система будет опустошена, но гигантские планеты внешней солнечной системы вместе с их спутниками пострадают меньше. На самом деле, с человеческой точки зрения, они даже могут испытать изменения к лучшему. Человечество мо-

жет оказаться в состоянии затратить время, приложить свои силы и умение, чтобы переустроить некоторые из крупных спутников Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна и сделать их подходящими для жизни. (Этот процесс иногда называют «терраобразованием».) Будет масса времени для расселения. За время, когда расширение Солнца начнет ускоряться, и Земля начнет проходить финальную выпечку в необратимую пустыню, человечество может прижиться на дюжине внешних миров Солнечной системы, на таких спутниках Юпитера, как Ганимед и Каллисто, и, возможно, на спутниках самого Плутона. Там люди могут быть согреты большим красным Солнцем, но не перегреты, конечно. Действительно, с Плутона солнечный красный гигант не будет выглядеть намного большим, чем сейчас Солнце на небе Земли.

Кроме того, люди, вероятно, смогут разместить в космосе искусственные структуры, создать на них экологически завершенные самостоятельные поселения, способные вместить от десяти тысяч до десяти миллионов человек. И это не обязательно будет результатом деятельности миллиардов лет, поскольку налицо все признаки того, что мы располагаем технологическими возможностями строить такие поселения уже сейчас и через какие-нибудь несколько веков могли бы заполнить ими небо. На пути стоят только политические, экономические и психологические факторы (но это достаточно большое «только»).

Таким образом, катастрофы можно будет избежать, и че-

ловечество сможет продолжать жить в новых мирах как естественных, так и искусственных (К 1998 году у некоторых звезд обнаружено существование планетарных систем. В определенных кругах это вызвало новые толки о возможности существования жизни на этих планетах, внеземных цивилизаций. Все это, конечно, очень проблематично, но если уж говорить о расселении человечества в космосе, то почему бы наряду с иными космическими поселениями не принимать в расчет подобные планеты?).

Во всяком случае до поры до времени.

## **Белые карлики**

– Когда водородный синтез больше не является источником звездной энергии, звезда может существовать как большой объект в продолжение только сравнительно короткого дополнительного времени. Энергия, получаемая посредством синтеза гелия в более тяжелые ядра, а от них к еще более тяжелым, достигает в общей сложности не более 5 процентов полученной от водородного синтеза. Способность красного гиганта сохраняться расширенным, противодействуя силе гравитации, поэтому подрывается. Звезда начинает гибнуть.

Время жизни красного гиганта и природа его гибели зависят от массы звезды. Чем больше масса, тем быстрее красный гигант использует путем синтеза последние остатки имею-

щегося у него запаса энергии, тем короче будет жизнь этой звезды. Кроме того, чем больше масса, тем больше и интенсивнее гравитационное поле и, следовательно, быстрее происходит сжатие.

Когда звезда сжимается, в ее внешних слоях, где ядерные реакции не происходили и где водород, следовательно, остался нетронутым, сохранилось еще значительное его количество. Сжатие нагревает всю звезду (теперь не ядерная, а гравитационная энергия преобразуется в тепло по Гельмгольцу), и во внешних слоях начинается водородный синтез. Процесс сжатия таким образом совпадает с ярким блеском внешних слоев.

Чем массивнее звезда, тем быстрее сжатие, тем более интенсивно нагревание внешних слоев, тем больше имеется водорода для синтеза и тем быстрее он синтезируется – и тем более разительны результаты. Другими словами, маленькая звезда сжималась бы спокойно, а большая, подвергаясь достаточно сильному синтезу в своих наиболее внешних частях, отправит немалую долю своего внешнего слоя в космос, делая это более или менее взрывообразно, оставляя только внутренние сферы для сжатия.

Чем массивнее звезда, тем более резок этот «выпуск пара». Если звезда достаточно массивна, стадия красного гиганта завершается колоссальным взрывом, в течение которого звезда может ненадолго сверкнуть светом, во много миллиардов раз более ярким, чем свет обычной звезды, корот-

кой вспышкой, равной свету целой галактики невзрывающихся звезд. Это так называемая «сверхновая». В ходе такого взрыва до 95 процентов вещества звезды может вырваться в открытый космос. Остальное будет сжиматься.

Что же произойдет со сжимающейся звездой, которая не взрывается, или с той частью взорвавшейся звезды, которая осталась и сжимается? Если это маленькая звезда, которая так и не нагреется в ходе сжатия достаточно для того, чтобы взорваться, она будет сжиматься. До тех пор, пока не достигнет планетарного размера, причем сохранив всю или почти всю первоначальную массу. Ее накаленная добела, ярко сверкающая поверхность окажется значительно горячее, чем нынешняя поверхность нашего Солнца. Тем не менее на большом расстоянии очертания такой звезды будут неотчетливы, потому что свет излучается очень маленькой поверхностью и в целом не достигает достаточного количества. Такая звезда называется «белым карликом».

Почему же белый карлик не продолжает сжиматься? В белом карлике атомы расщеплены, и электроны, уже не образуя оболочек вокруг центральных атомных ядер, являются своего рода «электронным газом», который способен сжаться только до определенного уровня. Он сохраняет вещество звезды расширенным по крайней мере до планетарного объема и может сохранять такой объем неопределенное время.

Белый карлик очень медленно охлаждается и заканчивает свою жизнь слишком холодным для того, чтобы излучать

свет, он становится «черным карликом».

Когда звезда сжимается до белого карлика, она может, если она не очень маленькая, расстаться с внешними слоями своего красного гиганта умеренным взрывом при незначительном сжатии, теряя таким образом пятую часть своей общей массы. Наблюдаемый с расстояния, такой белый карлик представляется окруженным светящимся туманом, словно кольцом дыма. Такой объект называется «планетарной туманностью», в небе их наблюдается несколько. Постепенно облако газа растекается во всех направлениях, становится расплывчатым и растворяется в разреженной материи космического пространства.

Когда звезда достаточно массивна, чтобы сильно взорваться в процессе сжатия, ее остаток, продолжающий сжиматься, может быть все еще слишком массивен (даже после потери значительной массы), чтобы сразу превратиться в белого карлика. Чем массивнее сжимающийся остаток, тем плотнее сжимается самим собой электронный газ и тем меньше белый карлик.

Наконец, если имеется достаточная масса, электронный газ может не выдержать своего собственного давления. Электроны тогда вжимаются в протоны, присутствующие в ядрах, которые блуждают в электронном газе, и образуются нейтроны. Они добавляются к нейтронам, которые уже существуют в ядрах, и тогда звезда состоит в основном из нейтронов. Звезда сжимается, пока нейтроны не придут в контакт.



Результатом является «нейтронная звезда», которая величиной всего с астероид примерно десять-двадцать километров в поперечнике, но сохраняет массу полноразмерной звезды.

Если сжимающийся остаток звезды еще более массивен, даже нейтроны не способны выдержать силу гравитации. Они будут разрушены, а остаток сожмется в черную дыру.

Как же сложится судьба Солнца, после того как оно достигнет стадии красного гиганта?

Оно может остаться красным гигантом на несколько сотен миллионов лет – очень небольшой период в масштабе звездной жизни, но дающий возможность для развития цивилизации в космических поселениях на терра-образованиях во внешних мирах, – но затем Солнце станет сжиматься. Оно не будет достаточно большим для сильного взрыва, так что не будет опасности, что через день или через неделю неистовства Солнечная система очистится от жизни вплоть до орбиты Плутона и даже за ее пределами. Вовсе нет. Солнце будет просто сжиматься, оставляя около себя, самое большее, тонкую пелену своего внешнего слоя, превращающегося в планетарную туманность.

Облако вещества будет дрейфовать мимо далеких планет, на которых, как мы представили себе, в те далекие будущие времена разместятся потомки человечества. Облако не будет представлять для них особой опасности. Начнем с того, что это будет очень разреженный газ, и если, – а возможно, так оно и будет, – поселения будут расположены, так сказать,

под землей или в пределах городов под куполами, то, может быть, и вообще не будет никакого вредного воздействия.

Проблемой будет сжимающееся Солнце. Как только Солнце сожмется до белого карлика (оно недостаточно массивно, чтобы образовать нейтронную звезду и, тем более, черную дыру), оно станет на небе не больше крошечной светящейся точки. Со спутников Юпитера, если люди сумеют обосноваться настолько близко к Солнцу на его стадии красного гиганта, его яркость составит лишь  $1/4000$  яркости Солнца, как мы его видим сейчас с Земли, и оно будет поставлять такую же часть энергии.

Если поселения людей во внешней Солнечной системе окажутся зависимыми от энергии Солнца, то, как только Солнце станет белым карликом, они не смогут получить ее в достаточном количестве. Им надо будет продвинуться к нему значительно ближе, но они не смогут этого сделать, если для этой цели им потребуется планета, ведь планеты Солнечной системы окажутся разрушенными или уничтоженными в предыдущей фазе существования Солнца, фазе красного гиганта. Служить прибежищем человечеству с наступлением этого времени смогут только искусственные космические поселения.

Когда такие поселения будут созданы впервые (может быть, в наступающем веке), они будут двигаться по орбитам вокруг Земли, используя солнечную радиацию в качестве источника энергии, а Луну – как источник большинства сырье-

вых материалов. Некоторые легкие элементы, которых нет в осязательных количествах на Луне, – углерод, азот и водород – нужно будет доставлять с Земли.

Со временем будет предусмотрено создание таких космических поселений в астероидном поясе, где проще добыть эти жизненно необходимые легкие элементы, не попадая в опасную зависимость от Земли.

Может быть, когда космические поселения станут более самостоятельными и более подвижными и когда человечество яснее представит себе опасность оставаться привязанным к планетарным поверхностям ввиду перипетий, которые охватят Солнце в его последние дни, именно эти поселения могут стать предпочтительным местом проживания человечества. Вполне вероятно, что задолго до того, как встанет вопрос о том, что Солнце принесет нам какое-либо несчастье, большая часть человечества или даже все оно будет абсолютно свободно от поверхностей естественных планет и обоснуется в космосе – в мирах и окружающих средах по своему собственному выбору.

Может быть, тогда не встанет вопрос о терра-образовании во внешних мирах для того, чтобы пережить красный гигантизм Солнца. А по мере того как Солнце будет становиться горячее, окажется достаточным соответственно приспособить орбиты космических поселений и медленно дрейфовать подальше от раздувающегося Солнца.

Это нетрудно себе представить. Орбиту такой планеты,

как Земля, изменить почти невозможно, потому что у нее огромная масса и, следовательно, большая инерция и угловой момент, и найти энергию, достаточную для значительного изменения орбиты, практически невозможно. А масса Земле необходима, так как ей нужно сильное гравитационное поле, чтобы удерживать океан и атмосферу на своей поверхности и делать таким образом возможной жизнь.

В космическом поселении общая масса незначительна, по сравнению с Землей, поскольку гравитация не используется для удержания воды, воздуха и всего остального. Все это удерживается, потому что механически ограничено внешней стеной, а эффект гравитации на внутреннюю поверхность этой стены может создаваться центробежным эффектом, который создается вращением.

Таким образом, космическое поселение может изменять свою орбиту, затрачивая умеренное количество энергии, и оно может быть отодвинуто от Солнца, когда то станет нагреваться и расширяться. Теоретически оно может и приблизиться к Солнцу, когда то будет сжиматься и давать меньше энергии. Сжатие, однако, будет гораздо более быстрым, чем предшествующее расширение. Более того, все космические поселения, которые могли бы существовать на стадии красного гигантизма Солнца и двигаться к соседству с белым карликом, будут, возможно, сокращаться в объем меньший, чем бы они хотели. За миллиарды лет они могут привыкнуть к неограниченным пространствам большой Солнечной си-

стемы.

Но тогда вполне можно предположить, что задолго до наступления стадии белого карлика космические поселенцы создадут работающие на водородном синтезе силовые установки и станут независимыми от Солнца. В таком случае они могут сделать иной выбор – навсегда покинуть Солнечную систему.

Если значительное количество космических поселений покинет Солнечную систему, становясь самодвижущимися «свободными планетами», то человечество сможет освободиться от угрозы катастроф второго класса и продолжать жить (и неограниченно распространяться по Вселенной), пока не наступит стадия сжатия Вселенной в космическое яйцо.

## **Сверхновые**

Главные доводы, почему смерть Солнца (смерть в том смысле, что оно станет совершенно другим объектом, совершенно не похожим на известное нам Солнце) не обязательно является катастрофой для рода человеческого, таковы: неизбежное расширение и последующее сжатие Солнца наступит в невообразимо далеком будущем, и люди (полагаем, они будут существовать), несомненно, разработают технологические средства для спасения; изменения надежно предсказуемы и невозможно быть застигнутыми врасплох.

А сейчас нам предстоит обсудить такие катастрофы второго класса (связанные с Солнцем или с расширяющейся звездой), которые могут застать нас врасплох, и, что еще хуже, могут произойти в ближайшем будущем, до того как у нас появится возможность разработать необходимые технологические средства защиты.

Существуют звезды, которые претерпевают катастрофические изменения, скажем, вдруг становятся более яркими или из невидимых – видимыми, а потом снова тускнеют, иногда до невидимости. Это «нова» (от латинского слова «новый»), или по-русски новые, названные так, поскольку из-за отсутствия телескопов они казались астрономам древности новыми звездами. Первые из них были упомянуты греческим астрономом Гиппархом (190—120 до н. э.).

Необычно яркие новые являются «сверхновыми», о которых мы уже упоминали, название это для них впервые применил американец швейцарского происхождения астроном Фриц Цвики (1898—1974). Первой, подвергшейся подробному обсуждению европейских астрономов, была сверхновая 1572 года.

Предположим, например, что совсем не Солнце приближается к концу своей жизни в главной последовательности, а какая-то другая звезда. Наше Солнце еще в начале среднего возраста, но какая-нибудь находящаяся поблизости звезда может оказаться уже старой и на пороге смерти. Не может ли эта сверхновая неожиданно вспыхнуть, застать нас врас-

плох и воздействовать на нас катастрофически?

Сверхновые редки, только одна звезда из сотни способна взорваться, как сверхновая, и лишь немногие из них находятся в финальной стадии своей жизни, а из последних еще меньшее число настолько близко, чтобы мы могли их увидеть как необычно яркие звезды. (До изобретения телескопа для обнаружения наблюдателем необычно яркой звезды нужно было, чтобы она появилась там, где до того никакой звезды не было.) И все же сверхновые, конечно, могут появиться, что в прошлом и происходило.

Одна замечательная сверхновая, которая появилась на небе в исторические времена, вспыхнула 4 июля 1054 года – несомненно, наиболее внушительный из всех фейерверков на празднике Чудесного Четвертого<sup>1</sup>, хотя до знаменательного события оставалось еще 722 года. Сверхновая 1054 наблюдалась не европейскими или арабскими астрономами, а китайскими (Астрономия в Европе была в то время в упадке, а те, кто все-таки наблюдал за небом, возможно, были слишком убеждены в греческой доктрине неизменности небесного свода, чтобы поверить собственным глазам).

Сверхновая появилась, как новая звезда, сверкающая в созвездии Тельца с таким неистовством, что превысила по яркости Венеру. На небе не было ничего ярче новой звезды, за исключением Солнца и Луны. Она была настолько яркой, что ее можно было видеть при дневном свете, и не короткое время, а день за днем в течение трех недель. Затем она ста-

ла постепенно пропадать, но лишь почти два года спустя она стала настолько слабой, что ее уже было не различить невооруженным глазом.

На месте, где некогда китайские астрономы заметили это экстраординарное явление, сейчас существует турбулентное облако газа под названием Туманность Краба, в диаметре оно составляет 13 световых лет. Шведский астроном Кнут Лундмарк в 1921 году высказал гипотезу, что это сохранившийся остаток сверхновой 1054. Газы Туманности Краба все еще продолжают расширяться со скоростью, пересчет которой показывает, что взрыв, явившийся причиной их движения, имел место как раз примерно в то самое время, когда появилась новая звезда.

Яркость, подобная яркости сверхновой 1054, может доставить на Землю не более чем стомиллионную долю света Солнца, а этого вряд ли достаточно, чтобы каким-либо образом подействовать на людей, тем более что этот уровень продержался всего несколько недель.

Однако важна не только сумма излучения, но и его состав. Наше Солнце, например, доставляет некоторую очень активную радиацию в виде рентгеновских лучей, а сверхновая имеет гораздо больший процент своей лучистой энергии в рентгеновском спектре. То же самое относится и к космическим лучам, еще одному виду радиации высокой энергии, к которым мы вернемся позднее.

Короче, хотя свет сверхновой 1054 и был настолько сла-



бым по сравнению с Солнцем, по мощности нанесения удара Земле рентгеновскими и космическими лучами он может соперничать с Солнцем, по крайней мере в первые недели взрыва.

Но даже в этом случае опасности не было. Хотя, как мы увидим, приток энергетической радиации может оказать вредное воздействие на жизнь, наша атмосфера защищает нас от чрезмерного ее количества, и ни сверхновая 1054, ни само Солнце не обязательно опасны для нас под защищающим одеялом нашего воздуха. И это не просто предположение. Дело в том, что Земля пронесла свой груз жизни через тот критический 1054 год без каких-либо заметных вредных последствий.

Конечно, Туманность Краба не очень близка к нам. Она находится на расстоянии примерно 6500 световых лет (Представьте себе неистовость взрыва, который мог с такого расстояния создать свет ярче, чем свет Венеры). Еще более яркая сверхновая появилась в 1006 году. По отчетам китайских наблюдателей может создаться впечатление, что она была в сотни раз ярче Венеры и составляла ощутимую часть яркости полной Луны. На нее даже существуют ссылки в нескольких европейских хрониках. Она находилась на расстоянии всего 4000 световых лет от нас.

С 1054 года было только две видимых сверхновых на нашем небе. Одна сверхновая появилась в Кассиопее в 1572 году и была почти такой же яркой, как сверхновая 1054,

но находилась дальше. Наконец, была сверхновая в Змее в 1604 году, которая была значительно менее яркой, чем любая из трех, упомянутых мною, и значительно более удаленной (Для астрономов довольно огорчительно, что две сверхновые, видимые невооруженным глазом, появились всего за тридцать два года до изобретения телескопа, и с тех пор больше не было ни одной такой. Ни одной! Самая яркая сверхновая после 1604 года была сверхновая в Галактике Андромеды. Она была какое-то время почти такой яркой, что ее можно было бы увидеть невооруженным глазом, однако расстояние до Галактики Андромеды огромно.).

Некоторые из сверхновых могли иметь место в нашей Галактике и после 1604 года, но оставались невидимыми, скрытые обширными облаками пыли и газа, которые переполняют окраины Галактики. Мы можем, однако, обнаружить их остатки в виде колец пыли и газа, как в Туманности Краба, но более разреженных и широких, что может быть связано со сверхновыми, которые взорвались так, что их не увидели либо потому, что они были чем-то скрыты, либо потому, что они были слишком давно.

Несколько струй газа, отмеченных микроволновой эмиссией и названных Кассиопея А, возможно, свидетельствуют о сверхновой, которая взорвалась в конце семнадцатого века. Если так, то она самая недавняя известная нам сверхновая, которая взорвалась в нашей Галактике, хотя ее тогда и не было видно. Этот взрыв был, может быть, более впечатля-

ющим, чем сверхновая 1054, если рассматривать их с одного расстояния, о чем свидетельствует радиация, излучаемая сейчас остатками. Однако это случилось на расстоянии 10 000 световых лет, так что эта сверхновая, вероятно, не была намного ярче, чем предыдущая сверхновая – если ее можно было бы видеть.

Более зрелищная сверхновая, из всех известных в исторические времена, полыхнула на небе примерно 11 000 лет назад, когда в некоторых частях мира люди начинали приобщаться к сельскому хозяйству. От этой сверхновой осталась оболочка газа в созвездии Паруса, впервые обнаруженная в 1939 году американцем русского происхождения Отто Струве (1897—1963). Эта оболочка называется Туманность Гама (по имени австралийского астронома Колина С. Гама, который первым изучил ее в деталях в 50-е годы).

Центр оболочки находится на расстоянии лишь 1500 световых лет от нас, что делает ее ближайшей к нам взорвавшейся сверхновой. Один из краев ее продолжающей расширяться оболочки находится на расстоянии 300 световых лет. Она может достигнуть нас приблизительно через 4000 лет. Но это настолько разреженное вещество, что оно не должно воздействовать на нас сколько-нибудь значительным образом.

Когда эта близко расположенная сверхновая взорвалась, она на своем пике была несколько дней такой же яркой, как полная Луна, и можно позавидовать древним людям, кото-

рые были свидетелями такого великолепного зрелища. Но это, кажется, не причинило вреда жизни на Земле.

Все же сверхновая Паруса была от нас на расстоянии 1500 световых лет. Существуют звезды, которые более чем в сто раз ближе к нам. Что если звезда, близкая к нам, неожиданно станет сверхновой? Предположим, что одна из звезд, например Альфа Центавра, находящаяся от нас на расстоянии только 4,4 световых года, станет сверхновой. Что тогда? Если яркая сверхновая засверкает в 4,4 световых годах от нас с той же яркостью, которой вообще достигает сверхновая, она по яркости и по теплу составит примерно 1/6 Солнца и будет пылать в течение нескольких недель, она поднимет тепловую волну, какой Земля еще никогда не испытывала<sup>6</sup>.

Предположим, сверхновая вспыхнет на Рождество, как самая яркая звезда Вифлеема. В это время года в Южном полушарии будет летнее солнцестояние, и Антарктика будет постоянно под солнечными лучами. Но можно быть уверенным, что солнечный свет будет довольно слабым, потому что в Антарктике даже во время солнцестояния Солнце стоит очень низко над горизонтом. Сверхновая Альфа Центавра будет, однако, высоко в небе и добавит свое весьма существенное тепло к теплу Солнца. Ледовая шапка Антарктики получит тепловой удар. Таяние станет беспрецедентно

---

<sup>6</sup> В Соединенных Штатах и в Европе сверхновая была бы не видна, так как Альфа Центавра является далекой южной звездой, невидимой в северных широтах, но горячие ветры с юга дали бы нам знать, что нечто произошло.

сильным, уровень моря поднимется и принесет бедствия для многих частей мира. Уровень моря еще долго останется высоким и после того, как сверхновая охладится. Для восстановления равновесия понадобятся годы.

Вдобавок Земля будет купаться в рентгеновских и космических лучах, имеющих интенсивность, которой она, может быть, никогда прежде не знала, а спустя несколько лет ее окутает облако пыли и газа, причем плотнее, чем любое облако, с которым она когда-либо сталкивалась. Позднее мы обсудим, какой эффект дали бы эти события, но они, несомненно, были бы бедственны.

Спасительная милость состоит в том, что этого не произойдет. Конечно, этого случиться не может. Наиболее яркая из звезд двойной звезды Альфа Центавра по массе почти равна массе Солнца, и она не может взорваться, как гигантская сверхновая или даже как любого вида сверхновая, как не может и наше Солнце. Самое большое, на что способна Альфа Центавра, это превратиться в красный гигант, внезапно избавившись от своих наиболее внешних слоев, которые станут планетарной туманностью, а затем сжаться и превратиться в белого карлика.

Мы не знаем, когда это случится, потому что не знаем, сколько ей лет, но это не может случиться до того, как она превратится в красный гигант. Но даже если это превращение начнется завтра, она, вероятно, останется в стадии красного гиганта на одну-другую сотню миллионов лет.

Каково же тогда самое малое расстояние, на котором мы могли бы найти сверхновую?

Начнем с того, что нам надо искать звезду массивную, такую, которая как минимум в 1,4 раза массивнее Солнца, или лучше такую, которая массивнее Солнца значительно более этой величины, если мы хотим видеть по-настоящему большое шоу. Таких массивных звезд мало, и это главная причина, почему сверхновые не более часты, чем они появляются. (Считается, что в галактике размером с нашу одна сверхновая появляется в среднем каждые 150 лет, и, конечно, немногие из них могут находиться даже умеренно близко к нам.) Самая близкая массивная звезда – Сириус, которая в 2,1 раза превосходит по массе наше Солнце и находится на расстоянии 8,63 световых лет, то есть почти в два раза дальше от нас, чем Альфа Центавра. Даже с этой массой Сириус не способен произвести по-настоящему зрелищную сверхновую. Да, он взорвется однажды, но это будет скорее выстрел из ружья, чем пушечный залп. Кроме того, Сириус находится в главной последовательности. Из-за его массы общий период его жизни в главной последовательности составляет только 500 миллионов лет, и часть этого времени, очевидно, истрачена. То, что осталось, плюс стадия красного гиганта, означает, что взрыв отодвигается на несколько сотен миллионов лет.

Тогда следует поинтересоваться, какая же из самых близких массивных звезд уже находится в стадии красного гиганта?

Самый близкий красный гигант – это Шеат в созвездии Пегаса. Она находится только в 160 световых годах, ее диаметр примерно в 110 раз больше диаметра Солнца. Мы не знаем ее массы, но если она достигла такого размера, потому что расширилась, то ее масса очень ненамного больше массы Солнца и она не перейдет в стадию сверхновой. С другой стороны, если она массивнее Солнца и все еще продолжает расширяться, то ее стадия сверхновой еще далека.

Самый близкий по-настоящему крупный красный гигант – это Мира в созвездии Кита. Ее диаметр в 420 раз больше диаметра Солнца, так что если представить ее на месте нашего Солнца, ее диск достал бы до дальних областей астероидного пояса. Она должна быть значительно массивнее Солнца и находится от нас на расстоянии 230 световых лет.

Существуют три красных гиганта, которые все же крупнее и не очень значительно дальше от нас. Это Бетельгейзе в Орионе, Антарес в Скорпионе и Рас Альгете в Геркулесе. Каждая из них приблизительно на расстоянии 500 световых лет.

Рас Альгете имеет диаметр в 500 раз больше, чем у Солнца, Антарес – в 640 раз. Если Антарес поставить на место Солнца, его диск перекроет орбиту Юпитера.

Бетельгейзе не имеет фиксированного диаметра, потому что она, по-видимому, пульсирует. Когда она в своем самом малом размере, она не крупнее, чем Рас Альгете, но при расширении может достигать диаметра в 750 раз больше диа-

метра Солнца. Если представить Бетельгейзе на месте Солнца, край ее диска в максимуме достигнет точки на полпути между Юпитером и Сатурном.

Вероятно, Бетельгейзе является наиболее массивной звездой из этих, находящихся ближе других, красных гигантов, а ее пульсация может быть признаком нестабильности. В таком случае из этих трех звезд она наиболее близка к сверхновой и к гибели.

Еще одним подтверждением этого является тот факт, что на фотографиях Бетельгейзе, сделанных в 1978 году в диапазоне инфракрасного света (света с более длинными волнами, чем свет красного цвета, и потому не воздействующего на сетчатку нашего глаза), видно, что звезда окружена огромной оболочкой газа диаметром примерно в 400 раз больше диаметра орбиты Плутона. Может быть, Бетельгейзе уже начала растрачивать материю на первой стадии превращения в сверхновую.

Без знания ее массы мы не можем предсказать, насколько яркой будет сверхновая Бетельгейзе, но она должна быть внушительной. Чего ей может не хватить в своей собственной яркости, она бы восполнила за счет того, что ее расстояние до нас в три раза меньше, чем у сверхновой Паруса. Поэтому, когда настанет ее время, она может оказаться ярче, чем сверхновая 1006, и, может быть, даже посоперничает со сверхновой Паруса. Тогда небеса озарятся новым видом лунного света, и Земля подвергнется бомбардировке силь-



ной радиации, еще более концентрированной, чем это имело место при сверхновой Паруса 11 000 лет назад.

Так как *Homo sapiens* и жизнь в целом, кажется, пережили сверхновую Паруса без потерь, можно надеяться, что они сверхновую Бетельгейзе переживут тоже (Как мы увидим позднее, существует сочетание обстоятельств, которое может ухудшить ситуацию для нас).

Пока мы еще не можем определить время, когда Бетельгейзе достигнет точки взрыва. Возможно, ее нынешний переменный диаметр является свидетельством того, что она на пороге гибели, но каждый раз, когда процесс начинается, поднимающаяся температура, сопровождающая гибель, делает возможным восстановление звезды. Мы можем предположить, что со временем очередная «гибель» может зайти так далеко, что спровоцирует взрыв. Это «со временем» может длиться веками; с другой стороны, это может произойти завтра. Вообще же Бетельгейзе могла взорваться и пять веков назад, и волна радиации,двигающаяся к нам в течение этого времени, может достичь нас хоть завтра.

Даже если сверхновая Бетельгейзе является самым худшим, чего мы можем ожидать в достаточно близком будущем, и если мы убеждаем себя в том, что она предоставит нам восхитительное зрелище без серьезной опасности, то что касается вообще взрывов звезд, мы все же не застрахованы от них. Более отдаленное будущее может содержать серьезные опасности задолго до времени наступления смерти

нашего Солнца.

В конце концов, ситуация сегодняшнего дня не является неизменной. Все звезды, включая Солнце, движутся. Солнце непрерывно вторгается в новые соседства, а сами соседства непрерывно меняются.

Со временем различные изменения вполне могут привести Солнце в близкое соседство с гигантской звездой, которая случайно взорвется в сверхновую, когда будет проходить мимо нас. Тот факт, что сверхновая Бетельгейзе – самое худшее из того, что мы можем ожидать прямо сейчас, не признак вечной безопасности, это – случайность момента.

Однако подобная катастрофа оказавшейся по соседству звезды вряд ли произойдет в течение длительного периода. Как уже говорилось, звезды движутся очень медленно, если учесть огромные пространства между ними, и пройдет много времени, прежде чем звезды, сейчас далекие от нас, станут значительно ближе.

Американский астроном Карл Саган (р. 1935) вычислил, что сверхновые в пределах 100 световых лет от нас могут взрываться при среднем интервале 750 миллионов лет. Если это так, то такие близко происходящие взрывы могли иметь место шесть раз за всю историю Солнечной системы и могут произойти еще девять раз до того, как Солнце выйдет из главной последовательности.

Однако такое событие не может застать нас врасплох. Нетрудно сказать, какие звезды приближаются к нам. Мы

можем заметить красный гигант на расстоянии гораздо большем, чем 100 световых лет. Очень вероятно, что мы узнаем о возможности такого взрыва за миллион лет и будем способны предусмотреть действия, чтобы свести к минимуму последствия взрыва.

## **Солнечные пятна**

Следующий вопрос таков: можем ли мы полностью положиться на наше Солнце? Не может ли произойти нечто нехорошее с Солнцем, пока оно еще находится в главной последовательности? Не может ли произойти нечто нехорошее в близком будущем и без предупреждения, так, что у нас не окажется защитных средств или не хватит времени для их применения, если они у нас будут.

Если нет чего-то страшно неверного в наших убеждениях относительно звездной эволюции, с Солнцем ничего плохого не случится. Как идет дело сейчас, так было и в течение очень длительного времени, и так будет продолжаться еще в течение длительного времени. Всякое изменение будет настолько малым, что окажется несущественным в солнечном масштабе.

Но не могут ли изменения, несущественные в солнечном масштабе, оказаться бедственными в масштабе Земли? Конечно, могут. Солнце может слегка икнуть, и для него это будет сущий пустяк, если Солнце рассматривать с расстояния

даже самых близких звезд. Воздействие же на Землю такого малого изменения, однако, может быть достаточным для того, чтобы значительно изменить ее свойства, а если ненормальный спазм продлится достаточно долго, это может обернуться для нас настоящей катастрофой.

Кроме того, как нам известно, жизнь сама по себе довольно хрупкая вещь в космическом масштабе. Не требуется очень большого изменения температуры, чтобы вскипятить океаны или заморозить их и в обоих случаях сделать жизнь невозможной. Сравнительно небольшого изменения солнечной активности достаточно для того, чтобы создать ту или иную экстремальную ситуацию. И отсюда следует, чтобы продолжалась жизнь, Солнце должно светить лишь с самыми незначительными отклонениями от его обычного состояния.

Так как история жизни, насколько мы можем судить, продолжается вот уже больше трех миллиардов лет, у нас есть воодушевляющая уверенность, что Солнце все-таки надежная звезда. Однако Солнце может быть достаточно стабильным, чтобы допускать существование жизни вообще, и быть достаточно нестабильным, чтобы заставлять ее переживать некоторые ужасные невзгоды. Безусловно, в истории жизни были времена, когда, по-видимому, происходили биологические катастрофы, и мы не можем быть уверены, что Солнце тут было ни при чем. Об этом мы поговорим позднее.

Если ограничиться историческими временами, Солнце представлялось совершенно стабильным, по крайней мере

для случайных наблюдателей и для астрономов, менее оснащенных приборами, чем астрономы нашего изощренного времени. Полагать, что так будет продолжаться, значит жить иллюзиями.

Один путь разобраться – это наблюдать за другими звездами. Если все остальные звезды совершенно постоянны в яркости, то почему бы нам не допустить, что и наше Солнце тоже такое и никогда не даст нам ни слишком много радиации, ни слишком мало?

Тем не менее в действительности несколько звезд, видимых невооруженным глазом, нестабильны по яркости, будучи некоторое время то тусклыми, то довольно яркими. Одна такая звезда – Алголь в созвездии Персея. Ни один астроном древности или средних веков не отмечал ее изменчивости, возможно, исходя из уверенности греков, что небеса неизменны. Существует, однако, косвенное свидетельство, что астрономы знали о ее изменчивости, даже если не любили говорить об этом. Персей обычно изображается в созвездии держащим голову умерщвленной Медузы, демона-монстра, чьи волосы состоят из живых змей, а роковой быстрый взгляд превращает людей в камень. Алголи отводилась роль этой головы, и поэтому звезду иногда называли «Демоническая звезда». Собственно, само слово «Алголь» является искажением арабского *alghul*, означающего «вурдалак», «упырь».

Испытываешь искушение предположить, что греки были

слишком смущены изменчивостью Алголи, чтобы говорить об этом открыто, но намекали на это, сделав ее демоном. Впервые ее изменчивость была открыто отмечена в 1669 году итальянским астрономом Джеминиано Монтанари (1632—1687). В 1782 году восемнадцатилетний глухонемой голландец английского происхождения Джон Гудрайк (1764—1786) доказал, что изменчивость Алголи строго регулярна, и предположил, что, по существу, она не изменчива, но у нее есть невидимый компаньон, звезда, которая вращается вокруг нее и периодически частично заслоняет ее. Как оказалось, он был совершенно прав.

Однако ранее, в 1596 году, немецкий астроном Давид Фабрициус (1564—1617) отметил изменчивую звезду, которая была намного более замечательна, чем Алголь. Это была Мира, звезда, которую я упоминал ранее как находящийся поблизости красный гигант. «Мира» от латинского слова, означающего «причина чуда», а оно и состояло в том, что она изменяется по яркости в значительно большей степени, чем Алголь, становясь временами столь тусклой, что оказывается невидимой невооруженным глазом. Мира также обладает намного более длинным и гораздо менее регулярным периодом изменения, чем Алголь. (Опять чувствуешь, что это, должно быть, замечалось и прежде, но, вероятно, намеренно игнорировалось во избежание больших хлопот, связанных с Доказательством.) Мы можем не принимать во внимание такие звезды, как Алголь, которая испытывает за-

тмения, и только кажется, что она меняется по цвету. Этот случай не указывает на какой-нибудь признак бедственной изменчивости в звезде, подобной Солнцу. Мы можем также не принимать во внимание сверхновые, которые появляются только в конвульсиях звезды, претерпевающей свою окончательную гибель, не принимать и обычные новые, которые являются белыми карликами, уже претерпели гибель и поглощают необычайное количество материи от нормальной звезды-компаньона.

Остаются такие звезды, как Мира и Бетельгейзе, – «подлинно изменяющиеся звезды», то есть звезды, изменяющиеся по излучаемому свету из-за циклических изменений в их структуре. Они пульсируют в некоторых случаях регулярно, а в других – нерегулярно, они становятся холоднее, но больше, в расширяющейся части цикла, и горячее, но меньше, в сжимающейся части.

Если бы Солнце было такой подлинно изменяющейся звездой, жизнь на Земле была бы невозможна, поскольку разница между испускаемой Солнцем радиацией в различное время его цикла периодически то омывала бы Землю невыносимым теплом, то подвергала бы непереносимому холоду. Можно спорить, сумеют ли люди защитить себя от этих температурных перепадов, но прежде всего кажется невероятным, чтобы жизнь развилась при подобных условиях или чтобы она эволюционировала до периода, когда любые особи окажутся настолько развиты технологически, что сумеют

иметь дело с такими изменениями. Конечно, Солнце не такая изменчивая звезда, но не может ли оно стать таким, а мы – вдруг оказаться в мире с температурными крайностями, что превратило бы жизнь в невыносимый кошмар?

Это, к счастью, совершенно невероятно. Прежде всего подлинно изменчивых звезд мало. Их примерно 14 000. Даже допуская, что многие из таких звезд остаются незамеченными, потому что слишком далеки, чтобы быть видимыми, или потому, что скрыты за пылевыми облаками, все равно они составляют очень маленький процент от всех звезд. Огромное большинство звезд, видимо, и есть такие стабильные и не изменяющиеся, какими их и считали древние греки.

Кроме того, некоторые подлинно изменчивые звезды – это крупные, яркие звезды, находящиеся близ конца своего пребывания в главной последовательности. Другие Мира и Бетельгейзе, уже покинули главную последовательность и, видимо, находятся у порога своей жизни как кандидаты в красные гиганты. Вполне вероятно, что пульсация – это тот вид нестабильности, который указывает на окончание определенной стадии жизни звезды и приближение перехода в какую-то другую стадию.

Солнце – звезда всего лишь среднего возраста, и еще миллиарды лет пройдут, до того как нынешняя стадия подойдет к концу, поэтому, наверное, в течение еще длительного времени нет шансов на то, что оно станет изменчивой звездой. Но даже если так, существуют степени изменчивости,



и Солнце может быть или стать изменчивым в очень малой степени и все же причинить нам неприятности.

Например, как насчет солнечных пятен? Не может ли их изменяющееся время от времени количество указывать на определенную небольшую изменчивость в солнечной радиации? Как известно, пятна заметно холоднее, чем части солнечной поверхности без пятен. Так не может ли пятнистое Солнце быть холоднее, чем Солнце без пятен?

Этот вопрос стал довольно важным в связи с работой немецкого фармацевта Генриха Самюэля Швабе (1789—1875); астрономия была его хобби. Он мог посвятить себя телескопу только в дневные часы, так что он взялся наблюдать за окружением Солнца, чтобы обнаружить неизвестную планету, которая, как некоторые считали, может двигаться по орбите вокруг Солнца внутри орбиты Меркурия. Если это было так, она вполне могла периодически пересекать солнечный диск, что и пытался установить Швабе.

Он начал свой поиск в 1825 году и при наблюдении за диском Солнца не мог не заметить солнечных пятен. Спустя некоторое время он забыл о планете и принялся зарисовывать солнечные пятна. В течение семнадцати лет он делал это в каждый солнечный день. К 1843 году он смог объявить, что солнечные пятна прибывают и убывают с цикличностью в десять лет.

В 1908 году американский астроном Джордж Эллери Хэйл (1868—1938) обнаружил, что солнечные пятна облада-

ют сильным магнитным полем. Направленность магнитного поля в определенном цикле постоянна, в следующем цикле она меняется на обратную. Если принять во внимание магнитные поля, то время от одного максимума солнечных пятен с полем одной направленности до следующего максимума с полем той же направленности составляет двадцать лет.

Очевидно, магнитное поле Солнца по некоторым причинам то усиливается, то уменьшается, и солнечные пятна связаны с этими переменами. Так же и с другими эффектами. Существуют, например, «солнечные вспышки», неожиданные временные озарения то тут, то там на солнечной поверхности, что, видимо, связано с локальным усилением магнитного поля. Они становятся более частыми, когда возрастает количество солнечных пятен, поскольку и те и другие связаны с магнитными полями. Поэтому при максимуме солнечных пятен мы говорим об «активном Солнце», а при минимуме солнечных пятен о «спокойном Солнце» (Тепло вспышек может более чем компенсировать холодность пятен, так что Солнце с пятнами может быть теплее, чем без пятен).

Кроме того, Солнце постоянно испускает потоки атомных ядер (главным образом водородных ядер, которые являются простыми протонами), которые движутся от Солнца с большой скоростью во всех направлениях. В 1958 году американский астроном Юджин Норман Паркер (р. 1927) назвал их «солнечным ветром».

Солнечный ветер достигает Земли, проходит мимо и вза-

имодействует с верхней атмосферой, вызывая разнообразные эффекты, такие, например, как полярное сияние. Солнечные вспышки изрыгают огромное количество протонов и временно подкрепляют солнечный ветер. Таким образом, на Землю гораздо сильнее воздействует увеличение или снижение солнечной активности, чем любые простые изменения температуры, связанные с циклом солнечных пятен.

Какие бы ни возникали эффекты на Земле, циклы солнечных пятен определенно не вмешиваются в жизнь каким-либо явным образом (Как теперь выясняется, это не совсем так. Во время магнитных бурь плотность атмосферного газа на высотах, где летают искусственные спутники Земли, сильно (в десять и более раз) возрастает, и потому изменяются орбиты спутников. Так, в 1989 году четыре навигационных спутника США серии «Транзит» были выключены на срок от 2-3 дней до недели. А в январе 1997 года при таких же обстоятельствах был потерян спутник «Телестар» ценой 132 миллиона долларов. В 80-х годах в результате магнитных бурь нарушалась в различных местах работа высоковольтных линий передач, ущерб от этого исчислялся миллиардами долларов. Поток энергетических частиц, идущих от Солнца, разрушает хрупкие элементы солнечных батарей, проникает внутрь космических аппаратов, выводя из строя сложные приборы, создавая для космонавтов опасность лучевой болезни.). Вопрос, тем не менее, в том, не может ли цикл солнечных пятен отбиться от рук и не может ли Солнце

начать резко двигаться, так сказать, взад-вперед, настолько, что вызовет катастрофу? Мы могли бы доказывать, что, насколько нам известно, с ним такого никогда не происходило в прошлом, поэтому не должно происходить и в будущем. Наша уверенность в этом доводе была бы сильнее, если бы цикл солнечных пятен был абсолютно регулярным. Но это не так. Например, самое короткое время, зафиксированное между максимумами солнечных пятен, – 7 лет, самое длинное – 17. (Теперь средней продолжительностью цикла считают 11 лет.) Кроме того, и интенсивность максимума непостоянна. Степень пятнистости Солнца измеряется «цюрихским числом солнечных пятен». Засчитывается 1 за каждое отдельное пятно и 10 за каждую группу солнечных пятен, и все умножается на число, которое меняется в соответствии с используемыми приборами и условиями наблюдения. Если цюрихское число определять из года в год, то оказывается, что существует максимум с небольшими величинами, например, 50 в начале семнадцатого и в начале восемнадцатого веков. С другой стороны, в 1959 году максимум достиг самого большого значения за все время – 200.

Естественно, число солнечных пятен регистрировалось с большой тщательностью только после сообщения Швабе в 1843 году, так что цифры, которые мы использовали до этого времени, начиная с 1700 года, не вполне надежны, а отчеты с первого века после открытия Галилея обычно отбрасывались совсем, как слишком отрывочные.

Тем не менее в 1893 году британский астроном Эдвард Уолтер Мондер (1851—1928), изучая старые сообщения, был поражен, увидев, что наблюдения за солнечной поверхностью, которые производились между 1645 и 1715 годами, просто умалчивали о солнечных пятнах. Общее количество пятен, упомянутых за этот семидесятилетний период, было меньше, чем их количество по сообщениям любого нынешнего года. Какое-то время находка Мондера игнорировалась: легко было предположить, что данные семнадцатого века были слишком неполными и наивными, чтобы придавать им значение, но недавнее исследование подтвердило открытие Мондера, и период с 1645 по 1715 год называют теперь «минимум Мондера».

В это время в сообщениях отсутствовали не только солнечные пятна, но почти пропали и сияния (которые обычно сопутствуют максимуму солнечных пятен, когда языки вспышек полыхают по всему Солнцу). Более того, форма короны во время полных затмений Солнца, судя по описаниям и рисункам того периода, была характерна для ее вида при минимуме солнечных пятен.

Очевидные изменения магнитного поля Солнца в соответствии с циклами солнечных пятен косвенно воздействуют на количество углерода-14 (радиоактивный изотоп углерода) в атмосфере. Углерод-14 образуется космическими лучами, он проникает в атмосферу Земли. Когда магнитное поле Солнца усиливается во время максимума солнечных пятен,

это помогает защитить Землю от притока космических лучей. При минимуме солнечных пятен магнитное поле ослабевает, и космические лучи не отклоняются. Отсюда следует, что углерод-14 при минимуме солнечных пятен находится в атмосфере в наибольших количествах, при максимуме солнечных пятен – в наименьших.

Углерод (включая углерод-14) поглощается растительностью из атмосферы в форме двуокси углерода. Углерод (включая углерод-14) включается в молекулы древесины деревьев. К счастью, углерод-14 может быть обнаружен, и его количество определено с большой точностью. Если исследуются очень старые деревья, углерод-14 может быть обнаружен в каждом годовом кольце, и можно год за годом установить, как изменяется его содержание. Оно высокое при минимуме солнечных пятен и низкое – при максимуме. И оказывается, он был высок при минимуме Мондера.

Таким путем были обнаружены и другие периоды солнечной неактивности, некоторые продолжались всего лишь 50 лет, а другие достигали по длительности нескольких столетий. Около дюжины их было зафиксировано в исторические времена, начиная с 3000 года до н. э.

Короче, представляется, что существуют более продолжительные циклы солнечных пятен. Существуют расширенные минимумы очень малой активности, рассыпанные между низкой и высокой активностью благодаря расширенным периодам колебаний. Нам случилось пребывать в одном из

последних периодов после 1715 года (Началом очередного нового цикла активного Солнца считают 1997 год, и по прогнозам цикл обещает быть особенно сильным).

Какое воздействие оказывает на Землю такой более продолжительный цикл солнечных пятен? Дюжина минимумов Мондера, которые имели место в исторические времена, видимо, не вмешивались катастрофически в человеческое существование. На этом основании можно полагать, что не следует бояться повторения такого расширенного минимума. Что же до остального, мы на самом деле столь многого не знаем о Солнце, в то время как думаем, что знаем. Мы не совсем понимаем, что служит причиной десятилетнего цикла солнечных пятен, который сейчас существует, и мы, конечно, не понимаем, что вызывает минимум Мондера. И раз мы не понимаем подобных вещей, можем ли мы быть уверены, что Солнце в какое-то время без предупреждения не выйдет из-под контроля?

## Нейтрино

Конечно, могла бы помочь не теоретическая осведомленность о том, что происходит внутри Солнца, а результаты прямого наблюдения. Это может показаться несбыточной мечтой, но на самом деле это не совсем так.

В первые десятилетия двадцатого века стало ясно, что когда расщепляются радиоактивные ядра, они, как прави-

ло, излучают электроны. Эти электроны обладают широким диапазоном энергий, которые почти никогда в сумме не доходят до общего количества энергии, потерянной ядром. Это, казалось, противоречит закону сохранения энергии.

В 1931 году австрийский физик Вольфганг Паули (1900—1958) предположил, что наряду с электроном излучается еще и другая частица, и именно она содержит недостающую энергию. В этом случае устраняется противоречие закону сохранения энергии и некоторым другим законам сохранения. Для объяснения всех обстоятельств дела эта вторая частица не должна нести никакого электрического заряда и, вероятно, не должна обладать массой. Без массы и заряда ее было чрезвычайно трудно обнаружить. Итальянский физик Энрико Ферми (1901—1954) назвал ее «нейтрино», по-итальянски «маленькая нейтральная».

Нейтрино, допуская, что они обладают свойствами, которыми наделены по идее, должны с трудом реагировать с веществом. Они должны проходить сквозь всю Землю почти так же легко, как они проходили бы сквозь такой же толщины слой вакуума. Собственно, они должны без особых проблем проходить сквозь миллиарды Земель, поставленных рядом друг с другом. Тем не менее в течение продолжительного периода времени при условии, что взаимодействие с веществом было бы возможно в принципе, нейтрино могло бы столкнуться с частицей вещества. Если поработать со многими триллионами нейтрино, проходящими сквозь малень-



кое материальное тело, то несколько взаимодействий могли бы иметь место, и они могли бы быть зафиксированы.

В 1953 году два американских физика, Клайд Л. Кован (р. 1919) и Фредерик Рейнес (р. 1918), работали с антинейтрино, полученными на реакторах, расщепляющих уран. Антинейтрино проходили сквозь большие емкости с водой, и предсказанные взаимодействия действительно имели место. После двадцати двух лет теоретического существования антинейтрино, а следовательно, и нейтрино тоже, их существование было доказано экспериментально.

Они такие же, как и нейтрино, но противоположны им по определенным свойствам. Собственно говоря, именно антинейтрино, а не нейтрино испускается наряду с электроном, когда расщепляются определенные ядра.

'Астрономические теории относительно синтеза ядер водорода в ядра гелия в недрах Солнца – источника солнечной энергии – предполагают, что нейтрино (не антинейтрино) испускаются в больших количествах, которые достигают 3 процентов общей радиации. Остальные 97 процентов состоят из фотонов, которые являются единицами лучистой энергии, вроде света и рентгеновских лучей.

Фотоны прокладывают себе путь к поверхности и в конечном счете излучаются в космос, но это требует много времени, поскольку фотоны легко взаимодействуют с веществом. Фотон, который возникает в недрах Солнца, очень быстро поглощается, снова испускается, опять поглощается и так да-

лее. Может потребоваться миллион лет для того, чтобы фотон проложил себе путь из недр Солнца к его поверхности, и это при том, что между возникновением и поглощением он движется со скоростью света. Когда фотон достигает поверхности, у него такая сложная история поглощений и испусканий, что по его природе невозможно установить, что происходило в недрах.

Совсем иное дело нейтрино. Они тоже движутся со скоростью света, поскольку не имеют массы. Однако из-за того, что они редко взаимодействуют с веществом, нейтрино, возникшие в глубинах Солнца, проходят без задержек через солнечное вещество, достигая поверхности в 2-3 секунды (и теряя в процессе поглощения только 1 из 100 миллиардов). Затем они пересекают вакуум космоса и через 500 секунд достигают Земли, если были нацелены в этом направлении.

Если бы мы могли зафиксировать эти нейтрино здесь, на Земле, мы бы имели некоторую непосредственную информацию о событиях в глубине Солнца, произошедших восемь минут назад. Трудность состоит в обнаружении нейтрино. Эту задачу взялся разрешить американский физик Реймонд Дэвис-младший, который воспользовался тем фактом, что нейтрино иногда будет взаимодействовать с атомами хлора, производя радиоактивный атом аргона. Аргон может быть обнаружен и отделен, даже если образуется всего несколько атомов (На такую возможность впервые указал советский физик Бруно Максимович Понтекорво (р. 1913)).

Дэвис воспользовался для этой цели огромной емкостью, содержащей 378 000 литров тетрахлорэтилена, обычной чистящей жидкости, которая была богата атомами хлора. Он поместил емкость в глубокую золоторудную шахту Хоумстейк в Лиде, штат Южная Дакота, так, что между емкостью и поверхностью было 1,5 километра скалы. Эта скала поглотила бы любые частицы, поступающие из космоса, кроме нейтрино.

Оставалось только ждать, когда образуются атомы аргона. Если принятые теории о событиях, происходящих в недрах Солнца, верны, то каждую секунду должно образовываться определенное количество нейтрино, определенный процент из них должен достичь Земли, определенный процент из достигших Земли должен пройти через емкость с чистящей жидкостью, и среди последних определенный процент должен взаимодействовать с атомами хлора и образовать определенное число атомов аргона. По колебаниям в скорости, с которой образовывались атомы аргона, по другим свойствам и вариациям взаимодействия в целом, могли быть сделаны выводы о событиях, происходящих в недрах Солнца.

Однако почти сразу Дэвису пришлось удивиться. Было обнаружено очень мало нейтрино, гораздо меньше, чем ожидалось. Из тех атомов аргона, что должны были образоваться, образовалась только шестая часть.

Ясно, что астрономические теории относительно происходящего в недрах Солнца, по-видимому, требуют пересмот-

ра. Мы знаем не так много о происходящем внутри Солнца, как мы считаем. Означает ли это, что близится катастрофа?

Этого сказать мы не можем. Что касается наших наблюдений, то по всем признакам Солнце достаточно стабильно в течение всей истории жизни, что делает жизнь на планете непрерывно возможной. У нас была теория, которая объясняет стабильность. Теперь нам, возможно, придется видоизменить теорию, но и видоизмененной теории все же придется объяснять стабильность. Солнце не станет вдруг нестабильным из-за того, что мы пересмотрим нашу теорию.

Подведем итог: катастрофа второго класса, включая изменения в Солнце, которые сделают жизнь на Земле невозможной, должна наступить не позднее чем через 7 миллиардов лет, но она задолго предупредит о себе.

Катастрофы второго класса могут неожиданно произойти и до этого, но вероятность их так мала, что нет смысла тратить время на волнения по этому поводу.

# Часть третья

## Катастрофы третьего класса

### 7. Бомбардировка Земли

#### Внеземные объекты

При обсуждении вторжения в Солнечную систему объектов из межзвездного пространства я концентрировал внимание на возможности воздействия таких объектов на Солнце, поскольку любое грубое вмешательство в целостность Солнца или изменение его свойств связано с наличием катастрофического эффекта для нас.

Сама Земля еще более чувствительна к подобным злоключениям, чем Солнце. Межзвездный объект, пересекающий Солнечную систему, может быть слишком мал, чтобы значительно воздействовать на Солнце, исключая прямое столкновение, а иногда даже в этом случае. Однако если такой объект окажется по соседству с Землей или столкнется с ней, он может вызвать катастрофу.

И теперь надо рассмотреть катастрофы третьего класса, то есть те возможные события, которые повлияют в первую

очередь на Землю и сделают ее необитаемой, хотя Вселенная и даже остальная часть Солнечной системы останутся нетронутыми.

Рассмотрим, например, случай вторжения мини-черной дыры сравнительно большого размера, скажем, с массой, сопоставимой с массой Земли. Подобный объект, если он минует Солнце, не причинит ему никакого вреда, хотя сам, вероятно, под влиянием гравитационного поля Солнца радикально изменит орбиту (Он может даже (хотя это невероятно) быть захвачен Солнцем и выйти на постоянную орбиту вокруг него. Эта орбита, вероятно, будет крайне склонна к эклиптике и крайне эксцентрична. К счастью, он ощутимо не беспокоил бы другие тела Солнечной системы, включая Землю, хотя стал бы и оставался наиболее неудобным соседом. Тем не менее очень маловероятно, что крупная мини-черная дыра является членом Солнечной системы. Даже незначительное воздействие ее гравитационного поля было бы замечено, кроме случая, когда она находилась бы далеко за орбитой Плутона.

Если бы подобный объект проскользнул мимо Земли, он бы, тем не менее, мог произвести бедственные действия только за счет влияния на нас его гравитационного поля.

Поскольку сила гравитационного поля зависит от расстояния, та сторона Земли, которая обращена в сторону вторгнувшегося тела, будет притягиваться сильнее, чем противоположная. Земля до некоторой степени вытянется в сторо-

ну вторженца. В особенности вытянутся податливые воды океана. Океан будет горбиться на противоположных сторонах Земли в направлении вторгнувшегося объекта и прочь от него, и при вращении Земли континенты будут проходить сквозь эти горбы. Дважды в день море будет выходить на континентальные берега, а потом снова отступать.

Наступление и отступление моря (приливы и отливы) практически происходят на Земле в результате гравитационного влияния Луны и в меньшей степени Солнца. Поэтому все эффекты, вызываемые различием гравитационного влияния на тело, называются «приливо-отливными» эффектами.

Чем больше масса вторгнувшегося тела и чем ближе оно к Земле, тем сильнее приливо-отливные эффекты. Если вторгшаяся мини-черная дыра будет достаточно массивна и пройдет мимо Земли достаточно близко, она может вмешаться в целостность планетарной структуры, вызвать трещины в ее коре и так далее. Прямое столкновение было бы, разумеется, катастрофическим.

Вероятность существования такого большого размера мини-черной дыры чрезвычайно мала, тем не менее, если бы она даже существовала, следует помнить о том, что Земля – гораздо меньшая цель, чем Солнце. Поперечное сечение Земли составляет только двенадцать тысячных поперечного сечения Солнца, так что даже самая малая вероятность близкой встречи между таким объектом и Солнцем должна

быть соответственно уменьшена для вероятности его близкой встречи с Землей.

Мини-черные дыры, если они существуют, вероятнее всего, были бы астероидного размера. Мини-черная дыра с массой, скажем, в одну миллионную массы Земли, не представит серьезной опасности при близкой встрече. Она вызовет незначительные приливо-отливные эффекты, и мы вполне можем не заметить подобного события, если оно произойдет.

Иное дело при прямом попадании. Мини-черная дыра, какой бы малой она ни была, «проест» себе туннель в теле Земли. Она, конечно, будет поглощать материю, и энергия, выделяемая в процессе, будет плавить и испарять вещество перед ней по пути ее продвижения. Она пройдет толщу Земли по кривой (не обязательно через центр) и выйдет из Земли, чтобы продолжить в космосе свою, уже измененную гравитационной силой Земли траекторию. На выходе она станет более массивной, чем была на входе. И двигаться она будет медленнее, поскольку при прохождении сквозь газы испаряющегося вещества Земли она встретится с определенным сопротивлением.

Тело Земли вылечит себя после прохода сквозь него мини-черной дыры. Пары охладятся и затвердеют, внутреннее давление закроет туннель. Эффект на поверхности будет все же опустошительным (впрочем, возможно, и не вполне катастрофическим), примерно таким, как от огромного взрыва, собственно, даже двух: одного – в месте, где мини-черная



дыра вошла в Землю, другого – там, где она вышла.

Естественно, чем меньше мини-черная дыра, тем меньше и эффекты. Но в одном отношении маленькая дыра может быть хуже, чем большая. У маленькой мини-черной дыры и момент силы довольно мал благодаря малой массе. И если к тому же дыра будет двигаться с низкой скоростью по отношению к Земле, то замедление в процессе «проедания» может оказаться достаточным для того, чтобы она не смогла проделать себе путь на выход. Гравитация Земли окажется для нее ловушкой. Дыра станет падать в направлении к центру, промахнется, снова станет падать, снова промахнется и так далее, снова и снова.

Из-за вращения Земли дыра не будет ходить туда и сюда по одному и тому же пути, но будет выписывать кривые, по рисунку и общей сложности напоминающие пчелиные соты, неуклонно вырастая, как это ей присуще, на каждом отрезке. В конечном счете она обоснуется в центре, оставив вокруг себя изрешеченную Землю с опустошенным центром. И эта центральная дыра продолжит медленно расти. Земля таким образом будет так ослаблена в структурном отношении, что погибнет; вся материя направится в центральную черную дыру, и в конце концов вся планета будет поглощена.

Итоговая черная дыра с массой Земли продолжит движение по земной орбите вокруг Солнца. Для Солнца и других планет такое превращение не составит никакой гравитационной разницы. Даже Луна продолжит кружить вокруг кро-

шечного объекта в 2 сантиметра в поперечнике, как если бы это была Земля в своей полной величине, каковой она в отношении массы и останется.

Для нас это был бы конец света – катастрофа третьего класса. И (теоретически) она может произойти хоть завтра.

Так же и кусок антиматерии, слишком малый для того, чтобы существенно повлиять на Солнце, даже если произойдет прямое столкновение, может быть достаточно большим, чтобы вызвать значительное опустошение на Земле. В отличие от черной дыры антиматерия, если кусок ее по массе с астероид или меньше, не пробьет туннеля сквозь планету. Тем не менее он выбьет такой кратер, который, в зависимости от размера тела, может поглотить целый город или континент. Глыбы обычного вещества из межзвездного пространства, разнообразие которых нам знакомо, естественно, причинят гораздо меньше вреда.

От этих катастроф вторжения Земля защищена двумя обстоятельствами:

1. Что касается мини-черных дыр и антиматерии, мы на самом деле не знаем точно, существуют ли вообще такого вида объекты.

2. Если эти объекты действительно существуют, то космос настолько велик по объему, а Земля представляет собой такую маленькую мишень, что нужно какое-то чрезвычайное стечение обстоятельств, чтобы попасть в Землю или хотя бы подойти к ней близко. Это, конечно, верно также и для объ-

ектов, состоящих из обычной материи.

Значит, мы можем исключить вторженцев из межзвездного пространства, внушительного размера вторженцев, как не представляющих ощутимой опасности для Земли (Говоря «внушительного размера», я намеренно опускаю возможность столкновения с Землей частиц пыли из межзвездного пространства или отдельных атомов, или субатомных частиц. Я рассмотрю это позднее).

## Кометы

Чтобы найти ракеты, которые могут попасть в Землю, нет надобности искать вторженцев из межзвездного пространства. В самой Солнечной системе существуют подходящие для этого объекты.

Приблизительно с 1800 года, благодаря работам французского астронома Пьера Симона Лапласа (1749—1827), хорошо известно, что Солнечная система является стабильной структурой при условии, что она предоставлена самой себе. (И она была, насколько мы знаем, предоставлена самой себе на протяжении 5 миллиардов лет и будет предоставлена самой себе, насколько мы можем судить, еще в течение неопределенно длительного времени.) Например, Земля не может упасть на Солнце. Для того чтобы это произошло, ей надо избавиться от своего огромного запаса углового момента кругового вращения. Этот запас не может быть уничтожен, он

может быть только передан, а мы не знаем способа внезапно-го вторжения из межзвездного пространства тела размером с нашу планету, которое могло бы поглотить угловой момент Земли, оставив Землю неподвижной и, следовательно, способной упасть на Солнце.

По этой же причине никакая другая планета не может упасть на Солнце, и никакой спутник не может упасть на свою планету, и, в частности, Луна не может упасть на Землю. И планеты не могут настолько изменить свои орбиты, что столкнутся друг с другом (Правда, русский по происхождению психиатр Иммануил Великовский в своей книге «Столкновение миров» (Worlds in Collision), опубликованной в 1952 году, постулирует ситуацию, в которой планета Венера была извергнута из Юпитера около 1500 года до н. э. и затем несколько раз столкнулась с Землей, прежде чем водворилась на свою нынешнюю орбиту. Великовский описывает бедственные события, сопровождавшие эти столкновения, которые, тем не менее, по-видимому, не оставили следа на Земле, если не считать неясных мифов и сказок, выборочно цитируемых Великовским. Идеи Великовского с уверенностью могут быть отвергнуты как фантазии активного воображения, обращенные к людям, которые знакомы с астрономией не более, чем сам Великовский.).

Солнечная система, конечно, не всегда была в таком порядке, как сейчас. Когда формировались планеты, облако пыли и газа в окрестностях растущего Солнца конденсиро-

валось во фрагменты различных размеров. Более крупные фрагменты росли за счет более мелких, пока не сформировались большие объекты планетарных размеров. Однако остались более мелкие фрагменты, все же значительных размеров. Некоторые из них стали спутниками, вращающимися вокруг планет по траекториям, которые стали стабильными орбитами. Другие столкнулись с планетами или спутниками и добавили к ним свои кусочки массы.

Мы можем видеть следы финальных столкновений, например, с помощью хорошего бинокля. На Луне существует 30 000 кратеров размером от 1 километра в поперечнике до 200 с лишним. Каждый – след столкновения с ускоренным куском материи.

Исследовательские ракеты показали нам поверхности других миров, мы обнаружили кратеры на Марсе и на обоих его маленьких спутниках – Фобосе и Деймосе, а также на Меркурии. Поверхность Венеры скрыта облаками, ее трудно исследовать, но, несомненно, там тоже есть кратеры. Существуют кратеры даже на Ганиমেде и Каллисто – двух спутниках Юпитера. Почему же тогда нет кратеров от бомбардировки на Земле?

О, они существуют! Или, правильнее, существовали. Земля обладает свойствами, которых нет у других миров. Она имеет активную атмосферу, которой нет у Луны, Меркурия и спутников Юпитера и которой лишь в очень малой степени обладает Марс. У Земли есть объемистый океан, не говоря

обо льде, дождях и текучей воде, а этого и в помине нет ни на каком другом объекте; впрочем, есть лед и, может быть, когда-то была и текучая вода на Марсе. И, наконец, на Земле есть жизнь, нечто, по всей видимости, уникальное в Солнечной системе. Ветер, вода и жизнедеятельность – все это способствует эрозии поверхности, и, поскольку кратеры образовались миллиарды лет назад, они стерты теперь с лица Земли (На недавних фотографиях Ио, самого крупного из наиболее близких к Юпитеру спутников, видно, что там нет кратеров. В данном случае причина в том, что Ио – спутник активно-вулканический и кратеры заполнены лавой и пеплом).

В течение первого миллиарда лет после образования Солнца различные планеты и спутники вычистили как следует свои орбиты и приняли свой настоящий вид. И все же Солнечная система не совсем чиста и сейчас. Осталось то, что мы называем планетарными осколками, – маленькие объекты, вращающиеся вокруг Солнца, которые слишком малы, чтобы быть солидной планетой, и которые все же способны принести значительный ущерб, если они когда-нибудь столкнутся с большим телом. Например, существуют кометы.

Кометы – это неясные, смутно светящиеся объекты, имеющие иногда неправильную форму. Их видят в небе с тех самых времен, когда люди обратили свой взгляд на небо, но их природа до последнего времени была неизвестна. Греческие

астрономы считали их атмосферными явлениями и горящими высоко в воздухе испарениями (Из-за того, что кометы появлялись неожиданно, не подчиняясь каким-то правилам, в противоположность устойчивому и предсказуемому движению планет, большинству людей донаучных времен кометы представлялись предвестниками несчастья, специально созданными разгневанными богами и посланными человечеству как предупреждение. Лишь постепенно научные исследования ослабили эти суеверные страхи. Однако полностью от них люди еще не избавились.). Только в 1577 году датский астроном Тихо Браге (1546—1601) доказал, что они находятся далеко в пространстве и блуждают среди планет.

В 1705 году Эдмунд Галлей наконец вычислил орбиту одной из комет (теперь она называется кометой Галлея). Он определил, что она движется вокруг Солнца не по почти круговой орбите, как планеты, а по чрезвычайно вытянутому, очень эксцентричному эллипсу. Такая орбита с одной ее стороны приводит комету близко к Солнцу, с другой – выводит далеко за орбиту самой далекой из известных планет (Комета Галлея периодически появляется поблизости от Земли, и ее можно наблюдать невооруженным глазом. Последнее такое появление было в 1996 году, предыдущее – в 1910 году.).

Невооруженному глазу кометы кажутся не просто точками света, как планеты и звезды, а гораздо большими, словно они – очень массивные тела. Французский естествоиспытатель Жорж Л. Л. Бюффон (1707—1788) полагал, что так

оно и есть, и, рассматривая их движение и то, как они на одной стороне своей орбиты проносятся мимо Солнца, подумал, что неудивительно, если одна из них при, так сказать, незначительном просчете может попасть в Солнце. В 1745 году он предположил, что благодаря такому столкновению и образовалась Солнечная система.

В наши дни общеизвестно, что кометы – это очень небольшие тела, не более нескольких километров в поперечнике. По утверждениям некоторых астрономов, например голландского астронома Яна Хендрика Оорта (р. 1900), существует около миллиарда таких тел, образующих своеобразную оболочку вокруг Солнца, отстоящую от него на расстояние около светового года. (И каждое из них настолько мало, и все они так разбросаны по огромному объему около-солнечного пространства, что не могут оказывать никакого влияния на наше представление о Вселенной в целом.) Кометы вполне могут быть неизменившимися остатками окраин первоначального облака пыли и газа, облака, из которого образовалась Солнечная система. Они, вероятно, состоят из наиболее легких элементов, превратившихся в ледяную субстанцию, – воды, аммиака, сероводорода, цианистого водорода, циана и т. п. Вкраплением в этих льдах могут быть различные количества скалистых пород в виде пыли и гравия. В некоторых случаях камень может составлять твердое ядро.

Время от времени какая-нибудь из комет этой далеко находящейся оболочки может быть возмущена гравитацион-



ным влиянием сравнительно неподалеку находящейся звезды и может выйти на новую орбиту, которая доставит ее ближе к Солнцу; иногда даже очень близко к Солнцу. Если при прохождении сквозь планетарную систему комета будет возмущена гравитацией одной из довольно крупных планет, ее орбита также может измениться, но она может остаться в пределах планетарной системы, пока другое планетарное возмущение не выбросит ее еще раз, но сильнее (Кометы невелики и, следовательно, имеют намного меньшую массу и угловой момент, чем планеты. Ничтожные переносы углового момента, вызываемые гравитационным воздействием планет и спутников, производят неизмеримо малый орбитальный эффект, но все же достаточный, чтобы изменить орбиту кометы, и в некоторых случаях – радикально).

Когда комета заходит внутрь Солнечной системы, тепло Солнца начинает растапливать лед, и облако пара, ставшее видимым благодаря включению в него частиц льда и пыли, окутывает центральное «ядро» кометы. Солнечный ветер сдувает облако пара прочь от Солнца и вытягивает его в длинный хвост. Чем больше и льдистее комета, чем ближе она подходит к Солнцу, тем длиннее и ярче ее хвост. Именно это облако пыли и пара придает комете ее громадные видимые размеры, но это чрезвычайно невесомое облако и имеет очень малую массу.

После того как комета пройдет мимо Солнца и вернется в дальние края Солнечной системы, в ней станет меньше ма-

терии, ведь часть ее она потеряла по пути. С каждым появлением вблизи Солнца она несет потери, пока совсем не погибнет. Она либо уменьшится до своего центрального ядра или камня, либо, если его нет, до облака пыли и гравия, которые постепенно распределятся по орбите кометы.

Поскольку кометы происходят из оболочки, окружающей Солнце в трех измерениях, они могут проходить Солнечную систему под любым углом. Так как их легко возмутить, орбиты их представляют собой почти любых видов эллипсы и занимают любое положение по отношению к планетам. К тому же орбиты всегда подвержены возмущениям с последующими изменениями.

В силу этих обстоятельств кометы не отличаются таким же хорошим поведением, как другие члены Солнечной системы – планеты и спутники. Любая комета рано или поздно может попасть в какую-нибудь планету или спутник. В частности, она может попасть в Землю. Что уменьшает возможность такого происшествия, так это просто обширность пространства и сравнительная малость цели. Тем не менее, гораздо вероятнее, что именно комета угодит в Землю, а не какой-нибудь значительных размеров объект из межзвездного пространства.

Например, 30 июня 1908 года в Российской империи на реке Тунгуска – очень близко от географического центра империи – в 6.45 утра произошел гигантский взрыв. Все деревья были повалены на два десятка миль в округности. Было

уничтожено стадо оленей, несомненно, было убито и множество других животных. К счастью, ни единому человеку не было причинено вреда. Взрыв произошел среди непроходимого сибирского леса, и в огромной области разрушения не было ни людей, ни построек. Прошли годы, прежде чем можно было исследовать место взрыва, и только тогда установили, что нет никакого признака какого-либо удара о Землю. Не было, например, кратера.

С того времени предлагались различные объяснения причин ужасного события и отсутствия удара – мини-черная дыра, антивещество, даже межпланетные космические корабли со взрывающимися ядерными установками. Астрономы, несмотря на это, не без оснований считают, что это была малая комета. Оледенелые вещества, из которых она состояла, испарились, когда она погрузилась в атмосферу, и притом так быстро, что произошел сокрушительный взрыв. Взрыв в воздухе, возможно, на высоте менее 10 километров как раз и причинил бы такой ущерб, который фактически нанес Тунгусский взрыв, но комета, конечно, не достигла бы поверхности Земли, так что, естественно, не образовалось никакого кратера и в округе не было разбросано никаких осколков ее структуры.

Нам сильно повезло, что взрыв произошел в одном из немногих на Земле мест, где людям не было причинено никакого вреда. Собственно, если бы комета шла точно тем самым курсом, которым она и шла, а Земля бы совершила в

своём вращении на четверть оборота больше, город Санкт-Петербург был бы стерт с лица Земли. Нам повезло в этот раз, но подобное событие может произойти как-нибудь опять и с гораздо худшими последствиями, и мы не знаем, когда это произойдет. И при теперешнем положении маловероятно, что будет какое-либо предупреждение.

Если хвост кометы считать кометой, тогда возможность столкновения становится еще вероятнее. Хвосты комет могут вытягиваться на многие миллионы километров и занимать настолько большой объем в пространстве, что Земля легко может оказаться в нем. И действительно, в 1910 году Земля прошла по хвосту кометы Галлея.

Однако вещество хвоста кометы настолько сильно разрежено, что оно ненамного отличается от вакуума межпланетного пространства. Правда, хвост, состоящий из ядовитых газов, может быть опасным, если по плотности совпадает с атмосферой Земли, но типичная плотность хвоста безвредна. При прохождении Земли по хвосту кометы Галлея не было замечено никакого особого эффекта.

Земля может также пройти по пыльному веществу, оставленному мертвыми кометами. И, конечно, проходит. Частицы пыли постоянно ударяют по атмосфере Земли и медленно опускаются на Землю, они служат ядрами для капель дождя. Большинство их микроскопического размера. Те же, что видимого размера, нагреваются, когда сжимают перед собой воздух, и светятся, сверкая как «падающая звезда» или «ме-

теор», пока не испарятся.

Никакие из этих объектов не могут причинить вреда, они только в конечном счете опустятся на Землю. Несмотря на то, что они такие маленькие, их так много попадает в атмосферу Земли, что, по некоторым оценкам, за счет этих «микрометеоритов» Земля каждый год приобретает 100 000 тонн массы. Это кажется довольно большим количеством, но за последние 4 миллиарда лет подобное наращивание массы, если оно постоянно удерживалось на таком уровне, оценивается менее чем в 1/10 000 000 общей массы Земли.

## Астероиды

Кометы не единственные малые тела Солнечной системы. 1 января 1801 года итальянский астроном Джузеппе Пиацци (1746—1826) открыл новую планету, которую он назвал Церера. Она двигалась вокруг Солнца, по типичной планетарной орбите, которая была почти круговой и располагалась между орбитами Марса и Юпитера.

Причина, почему она не была открыта раньше, заключалась в том, что она очень мала и, следовательно, принимала и отражала настолько мало солнечного света, что была совершенно неразличима невооруженным глазом. Она, собственно, только 1000 километров в диаметре, значительно меньше Меркурия, самая маленькая планета из известных к тому времени. Она даже меньше десяти спутников различных

планет.

Если бы на этом все кончилось, Цереру просто бы стали рассматривать как карликовую планету. Но на протяжении шести лет после открытия Цереры астрономы открыли еще три планеты, и каждая – даже меньше Цереры, и каждая – с орбитой между орбитами Марса и Юпитера.

Поскольку эти планеты были так малы, они и в телескоп выглядели просто звездообразными точками света, а не дисками, как планеты обычные. Поэтому Уильям Гершель предложил называть новые тела «астероидами» («звездообразными»), и предложение было принято.

С течением времени открывали новые и новые астероиды, и все они были либо еще меньше, чем четыре первые, либо дальше от Земли, чем они (либо и то и другое). Следовательно, они были еще более неясны, и их еще труднее было увидеть. К настоящему времени определено местоположение более 1700 астероидов и рассчитаны их орбиты. Считается, что существует их примерно от 40 000 до 100 000 с диаметром порядка километра. (И опять же они, каждый в отдельности, настолько малы и разбросаны по пространству такого огромного объема, что не нарушают общего взгляда астрономов на небо.) Астероиды отличаются от комет тем, что они скорее каменные или металлические, чем ледяные. Астероиды также могут быть значительно крупнее комет. Астероиды, следовательно, в худшем случае могут быть более опасными снарядами, чем кометы.

Астероиды, однако, по большей части находятся на более безопасных орбитах. Почти все астероидные орбиты полностью расположены в части планетарного пространства между орбитами Марса и Юпитера. Если бы все они оставались там постоянно, они бы, конечно, не представляли никакой опасности для Земли.

Астероиды, тем не менее, в особенности более мелкие, подвержены возмущениям и изменениям орбиты. С течением времени орбиты некоторых астероидов меняются таким образом, что остаются в пределах астероидного пояса или очень близко к нему. А по крайней мере восемь астероидов оказались настолько близко к Юпитеру, что были захвачены им и стали его спутниками, вращающимися вокруг планеты по далеким орбитам. У Юпитера могут быть и другие подобные спутники, которые слишком малы, чтобы быть уже обнаруженными. Кроме того, существует несколько дюжин спутников, которые не были захвачены Юпитером, а движутся по его орбите либо в 60 градусах впереди него, либо в 60 градусах позади, и закреплены на своих местах гравитационным влиянием Юпитера.

Есть также астероиды, орбиты которых были возмущены в удлиненные эллипсы, причем так, что когда астероиды ближе всего к Солнцу, они находятся в астероидном поясе, а другая сторона орбиты выводит их далеко за Юпитер. Один такой астероид – Гидальго, открытый в 1920 году немецким астрономом Уолтером Бааде (1893—1960), доходит почти

до орбиты Сатурна.

Однако астероиды, которые находятся в пределах астероидного пояса, не представляют опасности для Земли; конечно, те, которые заблудились снаружи внешних пределов пояса и движутся за Юпитером, тоже не представляют опасности. Но нет ли астероидов, блуждающих в другом направлении, двигающихся в пределах орбиты Марса и, может быть, приближающихся к Земле?

Первым свидетельством такой возможности было открытие в 1877 году американским астрономом Асафом Холлом (1829—1907) двух спутников Марса. Они были крошечными объектами астероидного размера, и сейчас полагают, что они и есть захваченные астероиды, рискнувшие близко подойти к Марсу. Затем 13 августа 1898 года немецкий астроном Густав Витт открыл астероид, который он назвал Эросом. Его эллиптическая орбита была такой, что, когда он был дальше всего от Солнца, он оказывался в пределах астероидного пояса, когда же был ближе всего к Солнцу, он оказывался от него всего в 170 миллионах километров. Это примерно так же близко к Солнцу, как Земля (18 февраля 2000 года американский космический корабль был выведен к астероиду Эрос и передал на Землю его фотографии, из которых видно, что он имеет форму картофелины диаметром 33 километра. Дальнейшее его изучение поможет выработать систему защиты от астероидов).

Собственно, если бы Эрос и Земля были в соответствующую



щих точках своих орбит, расстояние между ними было бы лишь 22,5 миллиона километров.

Естественно, не часто случается, чтобы оба этих объекта были в подходящих точках своих орбит одновременно, обычно они значительно дальше этого расстояния. Тем не менее Эрос может подойти к Земле ближе, чем любая другая планета. Это первый из обнаруженных ощутимых размеров объект Солнечной системы, который может приближаться к Земле ближе, чем Венера (однако не ближе Луны). Эрос и считается первым из так называемых «пасущихся у Земли» (В оригинале: Earth grazers).

В ходе двадцатого века, когда для обнаружения астероидов стали использовать фотографию и другую технику, было обнаружено свыше дюжины других «пасущихся у Земли», и все они меньше Эроса, их диаметры от 1 до 3 километров.

Как близко могут подобраться к Земле эти «пасущиеся»? В ноябре 1937 года астероид, названный Гермесом, как многие видели, прочертил небо, промчавшись не более чем в 800 000 километрах от Земли (почти два расстояния до Луны). Расчетная орбита Гермеса свидетельствует о том, что, если Земля и Гермес были бы в подходящих точках своей орбиты, Гермес приблизился бы к Земле на расстояние 310 000 километров и оказался бы даже ближе к нам, чем Луна. Это не особенно приятная мысль, ведь Гермес порядка километра в поперечнике, и столкновение с ним может причинить огромный вред. Однако мы не можем быть уверены в

орбите, потому что Гермес с тех пор больше обнаружен не был, а это означает, что либо орбита была рассчитана неверно, либо Гермес был возмущен и покинул эту орбиту. И если бы его снова обнаружили, то лишь случайно.

Несомненно, существует намного больше «пасущихся у Земли», чем мы можем увидеть в наши телескопы, ведь объект, проходящий мимо Земли на близком расстоянии, проносится настолько быстро, что его можно просто упустить. К тому же, если тело окажется слишком маленьким (как и во всех подобных случаях, «пасущихся у Земли» тоже существует больше мелких, чем крупных), оно даже в лучшем случае будет очень неясным.

Американский астроном Фред Уиппл (р. 1911) полагает, что существует по крайней мере 100 «пасущихся у Земли» более 1,5 километра в диаметре. Отсюда следует, что вполне может быть несколько тысяч других, с диаметром от 0,1 до 1,5 километра.

10 августа 1972 года очень маленькое «пасущееся у Земли» тело прошло сквозь верхние слои атмосферы и нагрелось до видимого свечения. При самом близком подходе оно было в 50 километрах над югом Монтаны. Считают, что диаметр его был 0,013 километра (Международное астрономическое общество в марте 1998 года сообщило, что утром 27 октября 2028 года астероид XF-11 диаметром 1,5 км очень близко подойдет к нашей планете и, возможно, даже столкнется с ней, но НАСА тут же уточнило, что «очень близко»

– это на расстояние примерно миллиона километров).

Итак, вкратце: регион, соседствующий с Землей, по-видимому, богат объектами, которых никто никогда не видел до двадцатого века, от такого огромного, как Эрос, до дюжины с лишним объектов размером с гору, до тысячи объектов размером с большой валун и миллиардов объектов, которые не что иное, как булыжники. (А если посчитать обломки комет, о которых я уже упоминал, то существуют несчетные триллионы объектов с булавочную головку и менее.) Может ли Земля проходить по столь населенному пространству и не подвергаться никаким столкновениям? Конечно, нет. Столкновения происходят постоянно (На основании некоторых данных ряд ученых (в том числе член-корреспондент Академии Наук СССР М. И. Будыко) в 1980 году пришли к выводу, что Земля уже однажды претерпела глобальную астероидную катастрофу, а именно в конце Мелового периода, т. е. около 70 миллионов лет назад. «Великое вымирание» в конце этого периода, которое привело к гибели гигантских пресмыкающихся, в том числе динозавров, некоторые склонны считать связанным именно с этой катастрофой и последовавшим резким изменением условий существования. Однако слежение за астероидной опасностью ведется и разрабатываются различные способы ее предотвращения. Так, «отцы» атомной бомбы с самого начала предполагали возможность ее применения для устранения астероидной опасности. Предполагается возможность изменения

траектории движения Земли путем изменения на нее солнечного давления (например, с помощью изменения окраски ее поверхности), изменения движения опасных небесных тел. Но все это в далеком будущем, ибо в ближайшие столетия, а возможно, и тысячелетия астероиды нам не угрожают).

## Метеориты

Почти во всех случаях эти фрагменты материи, достаточно большие, чтобы нагреться до видимого свечения, когда они проносятся по атмосфере (в это время они называются «метеорами»), превращаются в пыль и пар задолго до того, как достигнут поверхности Земли. Это в равной степени верно и по отношению к обломкам комет.

Возможно, самый сильный «метеорный дождь» в исторические времена прошел в 1833 году, когда наблюдателям в восточной части Соединенных Штатов сверкающие полосы казались такими крупными, как снежные хлопья, и простые люди считали, что это звезды падают с неба и миру приходит конец. Однако, когда метеорный дождь закончился, звезды на небе невозмутимо продолжали светить. Все до единой остались на месте. Более того, ни один из тех сверкающих кусков материи не достиг Земли как объект обнаруживаемого размера.

Если такой обломок, ударивший в атмосферу, достаточно велик, и его быстрое прохождение по воздуху недостаточно,

чтобы испарить его полностью, тогда часть его достигнет поверхности Земли как «метеорит». Подобные объекты скорее всего не кометного происхождения, а являются маленькими «пасущимися у Земли», которые образовались в астероидном поясе.

В исторические времена поверхности Земли достигли примерно 5500 метеоритов, и около одной десятой из них были железными, остальные – каменными.

Каменные метеориты, если их не видели падающими, трудно отличить от обычной скалы, это может сделать только специалист. Железные метеориты<sup>7</sup>, однако, очень заметны, поскольку на Земле металлическое железо не возникает естественным путем.

До того как люди научились получать железо путем плавки железной руды, метеориты были ценным источником сверхтвердого металла для наконечников стрел, режущих кромок инструментов и орудий, намного более ценным, чем золото, хотя и менее привлекательным. Их настолько тщательно разыскивали, что в исторические времена в тех районах, где цивилизация процветала до 1500 года до н. э., не было найдено ни одного фрагмента железного метеорита. Культуры до железного века все их нашли и использовали.

Однако метеоритные находки не отождествлялись с метеорами. А почему их надо было отождествлять? Метеорит

---

<sup>7</sup> На самом деле они представляют собой стальной сплав, в них содержатся никель и кобальт.

был просто куском железа, обнаруженным на земле; метеор был вспыхивающим в воздухе светом (Метеор – от греческих слов: «верхняя атмосфера», поскольку древним грекам метеоры, как и кометы, казались чисто атмосферными явлениями. Поэтому «метеорология» – это наука, изучающая погоду, а не метеоры. Изучение метеоров по современным понятиям называется «метеоритикой»). Какая тут связь?

Разумеется, были легенды об объектах, падающих с небес. «Черный камень» в Каабе, святыня мусульман, возможно, был метеоритом, падение которого кто-то видел. Другим, возможно, был своеобразный предмет почитания в храме Артемиды в Эфесе. Ученые до недавнего времени отметили подобные легенды, считали любой рассказ об объектах, падающих с неба, предрассудком.

В 1807 году американский химик Бенджамин Силлиман (1779—1864) и его коллега сообщили, что видели в Или падение метеорита. Президент Томас Джефферсон, услышав о сообщении, заявил, что легче поверить в то, что два профессора-янки соврали, чем в то, что с неба падают камни. Тем не менее ученое любопытство было пробуждено многочисленными сообщениями подобного рода, и пока Джефферсон сохранял скептицизм, французский физик Жан Батист Био (1774—1862) уже в 1803 году написал доклад о метеоритах, и с тех пор такие падения перестали считаться небылицами.

Метеориты, которые падали в цивилизованных странах, большей частью были маленькими и не причинили особого

вреда. Существует лишь одно сообщение о попадании метеорита в человека, речь идет о женщине из Алабамы, которая получила скользящий удар и царапину на бедре.

Самый крупный из известных метеоритов все еще лежит в земле Намибии, в Юго-Западной Африке. По грубым оценкам его вес 66 тонн (Еще больший метеорит упал 12 февраля 1947 года в отрогах Сихотэ-Алиня в Приморском крае. По грубым оценкам его вес при вхождении в земную атмосферу составлял 1500—2000 тонн. При движении в атмосфере он взорвался и выпал железным метеорным дождем на площади 3 квадратных километра. Общая его масса, достигшая поверхности Земли, оценивается в 100 тонн). Самый крупный из железных метеоритов демонстрируется в Хайденском планетарии в Нью-Йорке, его вес около 34 тонн.

Метеорит, даже не больше этого, если он упадет в густонаселенном городском районе, может причинить значительный ущерб недвижимости и убить сотни и даже тысячи людей. Велики ли все-таки шансы, что когда-нибудь нам будет нанесен и впрямь сильный удар? В космосе разгуливают довольно большие горы, которые могут причинить большую беду, если они ударят по нам.

Можно возразить, что большие объекты в пространстве (которых, конечно, гораздо меньше, чем маленьких объектов) находятся на орбитах, которые не пересекаются с орбитой Земли и никогда не подходят к нам ближе. Это объясняет, почему нас до сих пор по-настоящему не потрянуло и,

следовательно, почему нам не надо бояться сильного удара в будущем.

Однако этот довод не убедителен по двум причинам. Во-первых, даже если большие метеорические объекты имеют орбиты, не пересекающие нашу, то будущие возмущения могут изменить их орбиты и поместить объект на курс потенциального столкновения. Во-вторых, уже были достаточно сильные удары, скажем, столь сильные, что могли бы разрушить город. И если они произошли не в исторические времена, то геологически произошли совсем недавно.

Свидетельства таких ударов добыть нелегко. Представьте себе, что сильный удар произошел несколько сотен тысяч лет назад. Метеорит, вероятно, закопался глубоко в землю, до него нелегко добраться и изучить. Разумеется, он может быть под большим кратером, но влияние ветра, воды и жизни разрушает кратер полностью через несколько тысяч лет.

Но даже при всем этом были обнаружены признаки круглых образований, иногда полностью или частично заполненных водой, их легко различить с воздуха. Круглость, в сочетании с четким отличием от окружающих его образований, вызывает острое подозрение, что это «ископаемый кратер», а более близкое обследование может затем подтвердить это.

Около двадцати подобных ископаемых кратеров обнаружено в разных концах Земли, и все они возникли в пределах последнего миллиона лет.

Последний ископаемый кратер определенно идентифици-



рован, это кратер Унгава-Квебек, на полуострове Унгава, в самой северной части канадской провинции Квебек. Открыт в 1950 году канадским изыскателем Фредом В. Чаббом (его так и называют иногда – кратер Чаб-ба). На фотографиях, сделанных с воздуха, видно круглое озеро, окруженное другими меньшими озерами. В диаметре кратер 3,34 километра и в глубину 0,361 километра. Край озера, его берег, поднят над окружающей сельской местностью на 0,1 километра.

Ясно, что если бы подобный удар повторился и пришелся на Манхэттен, он бы полностью разрушил остров, нанес бы невероятный ущерб части соседнего Лонг-Айленда и Нью-Джерси, убил бы несколько миллионов человек.

Меньший, но гораздо лучше сохранившийся кратер находится в штате Аризона, рядом с городом Уинслоу. В этом засушливом районе нет воды и вообще мало видов жизни, и кратер хорошо сохранился. Он и сегодня выглядит совсем свеженьким и представляется удивительно похожим – прямо как маленький двоюродный брат – на кратеры, которые мы видим на Луне.

Он был открыт в 1891 году, но первым человеком, который в 1902 году заявил, что кратер – результат падения метеорита, а не потухший вулкан, был Даниэл Моро Баррингер. Поэтому кратер называют «Большой метеоритный кратер Баррингера» или иногда просто: «метеоритный кратер».

В поперечнике этот кратер 1,2 километра, в глубину около 0,18 километра. Его край поднимается над окружающей

сельской местностью почти на 0,060 километра. Кратер образовался до 50 000 лет назад, хотя некоторые предполагают, что всего лишь 5000 лет назад. Вес метеорита, образовавшего кратер, оценивается разными учеными от 12 000 тонн до 1,2 миллиона тонн. Это означает, что метеорит мог быть от 0,075 до 0,360 километра в диаметре (Кратер, образовавшийся около 35 миллионов лет назад, обнаружен на Таймыре, найдены старые кратеры в ряде районов России, на Украине, в Германии).

Но все это в прошлом. А что мы можем ожидать в будущем? Астроном Эрнст Опик считает, что «пасущееся у Земли» должно двигаться по своей орбите в среднем в течение 100 миллионов лет перед тем, как столкнется с Землей. Если предположить, что существует две тысячи подобных объектов, достаточно больших, чтобы уничтожить город или даже принести еще больший вред при ударе, тогда средний интервал между такими бедствиями будет всего 50 000 лет.

Каковы же шансы попадания в определенную цель? Скажем, в город Нью-Йорк? Площадь Нью-Йорка – это одна полуторамиллионная часть площади Земли.

Это означает, что средний интервал между ударами, которые могли бы разрушить Нью-Йорк, около 33 миллиардов лет. Если мы предположим, что общая площадь расположения крупных городов на Земле в 100 раз больше, чем у Нью-Йорка, то средний интервал между градоразрушительными ударами около 330 миллионов лет.

Это в самом деле не повод, чтобы терять покой и сон, и неудивительно, что в письменных свидетельствах человеческой цивилизации (которой всего-то 5000 лет) нет ясного описания того, как падающий метеорит разрушает город.

Метеориту внушительных размеров нет необходимости ударять непосредственно в город, чтобы принести большой ущерб. Если он упадет в океан, то в семи из десяти случаев образуется такая приливо-отливная волна, которая опустошит побережье, топя людей и разрушая сооружения. Если среднее время между разрушительными прямыми ударами 50 000 лет, то среднее время между приливо-отливными волнами, спровоцированными метеоритами, примерно 71 000 лет (В начале 1997 года появилось сообщение о том, что японские ученые высказали предположение о падении 65 миллионов лет назад крупного метеорита; упав в океан, он вызвал такое облако пара, которое надолго затмило Солнце, что привело к гибели динозавров и некоторых других организмов).

Самое худшее состоит в том, что пока нет возможности заблаговременно предупредить о падении метеорита. Такой метеорит, вполне вероятно, будет достаточно маленьким и достаточно быстродвигающимся, чтобы достичь атмосферы Земли незамеченным. А от времени, когда он начнет светиться, до удара пройдет самое большее несколько секунд.

Если разрушение ударом большого метеорита и несколько менее вероятно, чем любая из других катастроф, о которых

речь шла выше, то оно отличается от них в двух аспектах. Во-первых, хотя это может принести бедствие, повлечь за собой огромный вред, но совершенно маловероятно, чтобы такие удары были катастрофическими в том же смысле, в каком, например, было бы превращение Солнца в красный гигант. Вряд ли метеорит разрушит Землю, или уничтожит человечество, или даже сметет цивилизацию. Во-вторых, возможно, недолго остается до того времени, когда предотвращение этих ударов станет возможным до нанесения бедственного удара.

Мы выдвигаемся в космос, в пределах века на орбите вокруг Земли и на Луне могут появиться астрономические обсерватории (Телескопы на спутниках уже появились). Без мешающей атмосферы астрономы в таких обсерваториях будут иметь возможность лучше видеть «пасущихся у Земли». Они смогут наблюдать эти опасные тела пристальнее, определять положение их орбит тщательнее. Это будет относиться и к тем «пасущимся у Земли», которые слишком малы, чтобы видеть их с земной поверхности, но достаточно велики, чтобы разрушить город, и вследствие их большого количества намного опаснее, чем настоящие гиганты.

Тогда, возможно, спустя сотню лет или через тысячу лет какой-нибудь астроном оторвется от своего компьютера, чтобы сказать: «Орбита встречи!» И начнется контратака, ожидавшая этого момента в течение десятков лет или даже веков. Опасный камень будет выслежен, и при подходящем,

заранее рассчитанном его положении в космосе будет послано мощное устройство для его перехвата и взрыва. Камень станет сиять, испаряться и превратится в булыжники. Земля не понесет никакого урона, самое худшее, что произойдет при этом, – Земля будет награждена впечатляющим метеорным ливнем.

А может быть и так, что каждый объект, который проявит малейшую склонность к сближению и который астрономы посчитают не представляющим научного интереса, будет уничтожен. И этот специфический вид бедствия никогда больше не заставит нас беспокоиться.

Катастрофа третьего класса предполагает гибель Земли как места обитания жизни в процессе, который не затрагивает Солнце. Как я только что сказал, о возможности такой катастрофы в результате вторжения из космоса, из-за лунной орбиты, не следует беспокоиться. Это либо очень маловероятно, либо не настолько уж катастрофично, либо, в некоторых случаях, находится на грани предотвращения. Нам следует тут же спросить себя, а нет ли чего-нибудь такого, что находится вовсе не за лунной орбитой, но, так сказать, внутри системы Земля-Луна, и что может угрожать нам катастрофой третьего класса? Начнем тогда с того, что разберемся с Луной.

Из всех астрономических тел ощутимых размеров Луна намного ближе к Земле. Расстояние от Луны до Земли, от центра до центра – 384 404 километра. Если бы орбита Лу-

ны вокруг Земли была совершенно круглой, это расстояние было бы неизменно. Орбита, однако, слегка эллиптическая, а это означает, что наименьшее расстояние при приближении Луны к Земле – 356 394 километра, и наибольшее при ее удалении – 406 678 километров.

Расстояние от Луны до Земли – это 1/100 расстояния от Земли до Венеры, когда последняя находится ближе всего к Земле; или это 1/140 расстояния от Земли до Марса при его максимальном приближении. Ни один объект, кроме единоразово наблюдавшегося астероида Гермес (он не более километра в поперечнике), не оказывался почти так же близко к Земле, как Луна.

Можно указать на близость Луны по-другому: это единственное пока астрономическое тело, достаточно близкое для того, чтобы люди могли достичь его. Луна находится в трех днях пути от нас. Чтобы достичь Луны на ракете, требуется примерно столько же времени, сколько нужно, чтобы пересечь Соединенные Штаты по железной дороге.

Является ли необычайная близость Луны сама по себе опасностью? Может ли она по какой-нибудь причине упасть и травмировать Землю? Если это произойдет, это будет намного катастрофичнее, чем любое столкновение с астероидом, ведь Луна – тело весьма ощутимых размеров. Ее диаметр 3476 километров, или немного меньше четверти диаметра Земли. Ее масса составляет 1/81 массы Земли и в 50 раз больше массы самого крупного астероида.

Если Луна упадет на Землю, последствия столкновения будут, безусловно, губительными для жизни на нашей планете. В результате столкновения оба объекта могут разлететься на мелкие кусочки. К счастью, как я говорил мимоходом в предыдущей главе, нет ни малейшей возможности, чтобы это случилось, разве только в составе другой, большей катастрофы. Угловой момент нельзя устранить вдруг и полностью, кроме как переносом на какое-то ощутимых размеров тело, приближающееся достаточно близко с соответствующего направления и с соответствующей скоростью. Шансы, что это случится, настолько ничтожны, что мы можем отбросить всякие страхи по этому поводу.

Нет необходимости опасаться и того, что с Луной случится что-нибудь такое, что будет угрожать катастрофой Земле. Например, совершенно невероятно, что Луна взорвется и на нас обрушится ливень обломков. С геологической точки зрения Луна почти мертва, ее внутреннего тепла недостаточно, чтобы произвести какие-либо действия, которые заметно изменили бы ее структуру или хотя бы ее поверхность.

В общем, мы с уверенностью можем считать, что Луна во многом будет оставаться такой, какая она сегодня, за исключением чрезвычайно медленных изменений, и что ее материальное тело не будет представлять для нас никакой опасности до тех пор, пока с течением времени Солнце не расширится в красный гигант, и как Луна, так и Земля будут разрушены.

Однако Луне нет надобности наносить Земле удар собой или своей частью для того, чтобы воздействовать на нас. Она оказывает гравитационное воздействие на нас через пространство, и воздействие сильное. Оно, собственно, второе по силе после гравитационного воздействия Солнца.

Гравитационное влияние любого астрономического объекта на Землю зависит от массы этого объекта, а масса Солнца в 27 миллионов раз больше массы Луны.

Гравитационное влияние, однако, уменьшается, как квадрат расстояния. Расстояние Солнца от Земли в 390 раз больше, чем Луны от Земли, а  $390 \times 390 = 152\,000$ . Если мы разделим 27 000 000 на это число, мы получим, что гравитационное притяжение Солнца действует на Землю в 178 раз сильнее, чем лунное.

Несмотря на то, что сила лунного притяжения, действующая на нас, составляет только 0,56 процента от силы притяжения Солнца, это все-таки намного больше, чем любое другое гравитационное воздействие на нас. Так, лунное притяжение в 106 раз больше, чем притяжение Юпитера, когда он расположен ближе всего, и в 167 раз больше, чем притяжение Венеры, когда она ближе всего. Гравитационное воздействие на Землю остальных астрономических объектов еще меньше.

Может ли гравитационное притяжение, когда оно столь велико по сравнению со всеми другими объектами, кроме Солнца, оказаться для нас источником катастрофы? На пер-



вый взгляд кажется, что нет, не может, ведь гравитационное притяжение Солнца намного сильнее, чем у Луны. И поскольку первое не вызывает у нас тревоги, то почему же должно беспокоить второе?

Отрицательный ответ был бы правильным, если бы астрономические тела реагировали на силу гравитации во всех точках одинаково. Но это не так. Давайте вернемся к вопросу приливо-отливных эффектов, о которых я упомянул в предыдущей главе, и рассмотрим его более детально в отношении Луны.

Поверхность Земли, обращенная к Луне, находится на среднем расстоянии от центра Луны в 378 026 километров. Поверхность Земли на другой стороне от Луны дальше от центра Луны на толщину Земли и, следовательно, находится на расстоянии в 390 782 километра.

Сила притяжения Луны уменьшается, как квадрат расстояния. Если расстояние от центра Земли до центра Луны принять за 1, тогда расстояние от поверхности Земли, обращенной к Луне, составит 0,983, а расстояние от поверхности, обращенной прочь от Луны, составит 1,017.

Если сила притяжения поверхности Земли, обращенной к Луне, таким образом, 1,034, то сила притяжения поверхности Земли, обращенной прочь от Луны, составляет 0,966. Это означает, что притяжение Луной ближайшей поверхности Земли на 7 процентов сильнее, чем притяжение дальней поверхности Земли.

Результатом силы притяжения Луны, изменяющейся с расстоянием, является то, что Земля тянется к Луне. Сто-рона, находящаяся ближе к Луне, притягивается сильнее, чем центр, а центр, в свою очередь, притягивается сильнее, чем сторона, расположенная в сторону от Луны. В результате Земля деформируется с обеих сторон. Одна деформация – стороны, обращенной к Луне, происходит, так сказать, более энергично, чем остальной структуры Земли. Другая дефор-мация – стороны, обращенной прочь от Луны, так сказать, отстает от всего остального.

Так как Земля состоит из неэластичного камня, который особенно не поддается даже большим усилиям, деформация в твердом теле Земли невелика, но она есть. Однако вода океана более податлива и деформируется сильнее, она «вы-пячивается» в направлении к Луне.

При вращении Земли континенты, оказываясь, так ска-зать, «под Луной», испытывают накат «выпяченной» воды. Вода по инерции набегает несколько выше береговой линии, затем отступает, происходят приливы и отливы. На проти-воположной, обращенной в сторону от Луны стороне Зем-ли повернувшиеся туда континенты испытывают другую де-формацию воды, через 12,5 часа происходит прилив, затем отлив. (Дополнительные полчаса набегают из-за того, что Луна за это время продвигается на некоторое расстояние.) Таким образом происходят два прилива и два отлива в день.

Приливо-отливный эффект, производимый на Земле лю-

бым телом, пропорционален его массе, но уменьшается, как расстояние в кубе. Солнце (повторим) в 27 миллионов раз массивнее Луны и в 390 раз дальше от Земли. 390 в кубе составляет около 59 300 000. Если мы поделим массу Солнца (соответственно Луны) на куб его расстояния от Земли (соответственно Луны), мы обнаружим, что приливо-отливный эффект Солнца на Землю составляет лишь 0,46 от приливо-отливного эффекта Луны.

Итак, Луна является основной причиной приливо-отливного эффекта на Земле, а Солнце значительно уступает ей. Все другие астрономические тела вообще не производят измеримого приливо-отливного эффекта на Землю.

Теперь нам следует спросить: не может ли существование приливов и отливов каким-нибудь образом привести к катастрофе?

## **Более длинный день**

Говорить о приливах-отливах и о катастрофах, не переводя дыхания, по-видимому, было бы странно. В человеческой истории приливы и отливы существовали всегда, и они были совершенно регулярны и предсказуемы. Они всегда были полезны. Так, корабли обычно отплывали с началом прилива, когда вода поднимала их высоко над любыми скрытыми препятствиями, а отступающая вода несла корабль в нужном ему направлении.

Приливы и отливы и в будущем могут стать полезными иным образом. Так, во время прилива вода может подняться в резервуар, из которого может выйти при отливе, вращая турбину. Приливы и отливы могут таким образом дать миру неиссякаемый источник энергии. При чем же тут катастрофа?

Так вот, когда Земля поворачивается и на сушу накатывается вспучившаяся вода, двигаясь на берег и с берега, вода должна преодолеть сопротивление трения, и не только на самом берегу, но и на тех участках морского дна, где океан, случается, бывает особенно мелководен. Часть энергии вращения Земли затрачивается на преодоление этого трения.

Когда Земля поворачивается, твердое тело планеты тоже деформируется, выпячиваясь в сторону Луны, и это выпячивание составляет примерно одну треть от выпячивания океана. Тем не менее выпячивание твердого тела Земли происходит за счет, так сказать, трения камня о камень, когда кора тянется кверху и опускается, и этот процесс повторяется снова и снова. Часть энергии вращения Земли затрачивается на это тоже. Конечно, энергия на самом деле не уничтожается. Она не исчезает, а превращается в тепло. Другими словами, в результате приливов и отливов Земля приобретает немножко тепла и немного теряет в скорости вращения. День становится длиннее.

Земля настолько массивна и вращается настолько быстро, что обладает огромным запасом энергии. Даже если боль-

шое количество энергии (большое по человеческим понятиям) затрачивается и превращается в тепло при преодолении приливо-отливного трения, день удлиняется очень незначительно. Однако даже очень незначительное увеличение продолжительности дня имеет совокупный эффект.

Предположим, что мы начали с дня с его настоящей продолжительностью 86 400 секунд и что каждый год день будет в среднем на 1 секунду длиннее. По истечении 100 лет он станет длиннее на 100 секунд или 1,5 минуты. Невелика разница.

Предположим, тем не менее, что мы начнем век с часами, которые показывают правильное время. Ко второму году они будут по сравнению с Солнцем спешить на 1 секунду каждый день, к третьему году – на 2 секунды каждый день, к четвертому году – на 3 секунды каждый день и так далее. В конце века, когда число дней, если бы мы следовали за восходами и закатами, было бы 36 524, а наши часы зарегистрировали бы 36 534,8 наборов дней по 86 400 секунд. Короче, имея увеличение длительности дня только на 1 секунду в год, мы накапливаем ошибку почти в 11 дней всего за век.

Конечно, день на самом деле увеличивается значительно меньшими темпами.

В древние времена определенные затмения были зарегистрированы как имевшие место в определенное время дня. Пересчитывая назад, устанавливаем, что они должны были бы произойти в другое время. Расхождение является накоп-

ленным результатом очень медленного удлинения дня.

Можно, конечно, усомниться, что древние люди пользовались только самыми примитивными методами измерения времени, и вся их концепция регистрации времени отличалась от нашей. Было бы, следовательно, рискованным делать какие-то выводы на основании того, что они говорили о времени затмений.

Однако в этом случае имеет значение не только время. Полное затмение Солнца можно видеть только с небольшого участка Земли. Если, скажем, затмение должно было произойти за час до расчетного времени, то Земля имела бы больше времени для поворота, и в умеренном поясе затмение произошло бы примерно на 1200 километров восточнее, чем указывают наши расчеты.

Даже если не доверять полностью тому, что говорят древние люди о времени затмения, мы можем быть уверены, что уж место-то затмения они сообщают точно, а это скажет нам о том, что мы хотим знать. По их свидетельствам мы определим суммарную ошибку, а по ней и темп удлинения дня. Вот так и было установлено, что день на Земле удлиняется со скоростью 1 секунда за 62 500 лет.

Это можно представить себе чем угодно, только не катастрофой. День сейчас приблизительно на 1/14 секунды длиннее, чем во времена, когда строили пирамиды.

Несомненно, разница не так велика, чтобы с ней считаться, но исторические времена – это мгновение по сравнению

с геологическими эрами. За миллион лет наращивается 16 секунд, а история Земли насчитывает много миллионов лет.

Рассмотрим ситуацию, какой она была 400 миллионов лет назад, когда жизнь, которая до того существовала почти 3 миллиарда лет, наконец стала выходить из воды на сушу. За последовавшие 400 миллионов лет день увеличился на 6400 секунд, если настоящий темп увеличения сохранялся все это время.

Значит, 400 миллионов лет назад день был на 6400 секунд короче, чем сейчас. Поскольку 6400 секунд – это примерно 1,8 часа, жизнь выползла на сушу в мир, в котором день составлял только 22,2 часа. Поскольку нет причин предполагать, что длительность года изменилась за этот период, это также означает, что в году было 395 тех, более коротких дней.

Это только расчет. А нельзя ли найти прямое свидетельство? Оказывается, существуют ископаемые кораллы, которые образовались примерно 400 миллионов лет назад. Такие кораллы растут в течение дня одним темпом, в течение ночи – другим, и одним темпом летом, другим – зимой. В результате на их поверхности остаются отметки, очень похожие на кольца деревьев, которые отмечают дни и ночи.

В 1963 году американский палеонтолог Джон Вест Уэллс тщательно изучил эти ископаемые кораллы и нашел около 400 тонких отметок на каждую грубую отметку. Это означает, что в те древние времена, 400 миллионов лет назад, в го-

ду было около 400 дней. А если так, то каждый день продолжался 21,9 часа.

Это довольно близко к расчетам. На удивление близко, поскольку есть причина полагать, что темп удлинения (или укорачивания, если идти вспять) не обязательно постоянен. Существуют факторы, меняющие темп, с которым теряется энергия вращения. Расстояние до Луны изменяется (как мы скоро увидим) со временем, то же самое происходит с очертаниями континентов, мелями в морях и так далее.

Однако предположим (шутки ради), что день удлинялся этим неизменным темпом всю историю Земли. В таком случае, как быстро вращалась Земля 4,6 миллиарда лет назад, когда она только что образовалась? Это легко подсчитать, полагая, что величина изменения длительности дня постоянна. Период вращения Земли при ее рождении был 3,6 часа.

То есть, конечно, не обязательно так. Более сложные расчеты показывают, что день при самой своей короткой продолжительности был около 5 часов. Но не исключено, что и Луна не сопровождала Землю с самого начала, что она была захвачена лишь некоторое время спустя после образования Земли, и приливо-отливные явления начались менее чем 4,6 миллиарда лет назад, и, может быть, даже значительно менее. В таком случае день в начальные времена существования Земли был примерно 10 или даже 15 часов.

Пока мы еще не можем быть уверены. У нас нет прямого свидетельства о длительности дня в самые ранние периоды



истории Земли.

Во всяком случае, более короткий день в далеком прошлом сам по себе не имеет большого значения для жизни. Определенное пятно на земной поверхности в течение короткого дня имело бы меньше времени разогреться и меньше времени остыть за короткую ночь. Следовательно, температура первобытной Земли имела тенденцию быть несколько более ровной, чем сейчас, и вполне очевидно, что живые организмы могли жить и жили при этом. Собственно, условия были даже более благоприятными для жизни, чем сейчас.

Что же, однако, насчет будущего и продолжающегося удлиняться дня?

## Удаляющаяся Луна

Пройдут миллионы лет, и день будет все удлиняться, поскольку приливы и отливы никуда не денутся. Когда же это кончится? Мы можем получить представление об этом, если рассмотрим Луну, которая подвергается влиянию приливов и отливов Земли, когда Земля подвергается лунным.

Масса Земли в 81 раз больше, чем у Луны, так что, при прочих равных, ее приливо-отливное влияние на Луну должно быть в 81 раз больше, чем влияние Луны на нас. Однако не все так просто. Луна меньше Земли, поперечник Луны немного больше четверти поперечника Земли. По этой причине гравитационное притяжение претерпевает меньшее

падение от одной стороны Луны до другой, и это снижает приливо-отливный эффект. Учитывая размер Луны, приливо-отливное воздействие Земли на Луну в 32,5 раза больше, чем Луны на Землю.

Все же это означает, что Луна подвергается гораздо большим потерям, когда вращается, и поскольку масса ее значительно меньше, чем масса Земли, у нее для потери меньше энергии вращения. Период вращения Луны, следовательно, должен удлиняться гораздо большим темпом, чем у Земли, и сейчас он должен быть довольно большим.

Так оно и есть. Период вращения Луны относительно звезд сейчас 27,3 дня. Это оказывается равно периоду ее оборота вокруг Земли относительно звезд, так что Луна, когда вращается, всегда повернута к Земле одной своей стороной.

Это не случайность, не невероятное совпадение. Период вращения Луны рос до тех пор, пока не стал достаточно большим, так что Луна подставляла Земле всегда одну и ту же сторону. Как только это произошло, приливо-отливная деформация всегда присутствует в одних и тех же точках на поверхности Луны, одна с видимой с Земли стороны направлена в сторону Земли, другая со стороны, никогда не видимой с Земли, направлена в сторону от Земли. Луна больше не вращается относительно этой приливо-отливной деформации, и больше нет преобразования вращения в тепло. Луна, так сказать, гравитационно заперта на месте.

Раз вращение Земли замедляется, значит, в конечном счете она станет вращаться так медленно, что всегда будет направлена одной стороной в сторону Луны и тоже будет гравитационно заперта на месте.

Означает ли это, что Земля станет вращаться так медленно, что ее день будет по длительности 27,3 продолжительности настоящего дня? Нет, будет значительно хуже, и вот по какой причине: можно превратить энергию вращения в тепло, поскольку это вопрос превращения одного вида энергии в другой и не нарушает закон сохранения энергии. Однако вращающийся объект имеет также и угловой момент, который не может быть превращен в тепло. Он может быть только перенесен.

Если мы рассматриваем систему Земля-Луна, то и Земля, и Луна – каждая обладает угловым моментом по двум причинам: каждая вращается вокруг своей оси и каждая оборачивается вокруг общего центра гравитации. Последний расположен на линии, соединяющей центр Луны и центр Земли. Если бы Земля и Луна были в точности равны по массе, то общий центр гравитации был бы расположен как раз на полпути между ними. Поскольку Земля более массивна, чем Луна, общий центр гравитации расположен ближе к центру Земли. Фактически, поскольку Земля в 81 раз массивнее Луны, общий центр гравитации в 81 раз дальше от центра Луны, чем от центра Земли.

Это означает, что общий центр гравитации расположен

(если мы рассматриваем Луну на ее среднем расстоянии от Земли) в 4746 километрах от центра Земли и в 379 658 километрах от центра Луны. Общий центр гравитации находится, таким образом, в 1632 километрах ниже поверхности Земли на стороне, обращенной к Луне.

В то время как Луна описывает большой эллипс вокруг общего центра гравитации каждые 27,3 дня, центр Земли описывает гораздо меньший эллипс вокруг него в эти же самые 27,3 дня. Два тела движутся таким образом, что центр Луны и центр Земли всегда остаются на точно противоположных сторонах общего центра гравитации.

Когда Луна и Земля каждая удлиняют свой период вращения вследствие эффекта приливо-отливного трения, каждая теряет угловой момент вращения. В соответствии с законом сохранения углового момента, каждая должна приобрести угловой момент, связанный с ее обращением вокруг центра гравитации, с полной компенсацией потери углового момента, связанного с вращением вокруг своей оси. Таким образом возрастает угловой момент вращения Земли и Луны вокруг общего центра, вынуждающий их двигаться дальше от него.

Другими словами, когда либо Земля, либо Луна, либо та и другая увеличивают периоды своего вращения, они удаляются друг от друга, сохраняя общий угловой момент системы Земля-Луна неизменным.

В далеком прошлом, когда Земля вращалась вокруг сво-

ей оси быстрее, а Луна еще не замедлилась до точки гравитационного замыкания, они были ближе друг к другу. И если угловой момент собственного вращения у них был больше, то угловой момент вращения вокруг общего центра был меньше. Когда Луна и Земля были ближе друг к другу, они обходили друг друга по кругу, конечно, за меньшее время.

Таким образом, 400 миллионов лет назад, когда день на Земле длился только 21,9 часа, расстояние от центра Луны до центра Земли составляло только 90 процентов нынешнего. Луна была в 370 000 километрах от Земли. Если бы мы продолжили и далее наш расчет назад, то получилось бы, что 4,6 миллиарда лет назад, когда Земля только что сформировалась, Луна была в 217 000 километрах от Земли, или немного дальше половины ее нынешнего положения.

Расчет небезупречен, потому что, когда Луна оказывается ближе к Земле (если мы смотрим назад по времени), приливо-отливный эффект при прочих равных проявляется сильнее. Есть определенные шансы на то, что в ранние периоды существования Земли Луна была еще ближе, быть может, даже на расстоянии порядка 40 000 километров.

Заглядывая в будущее сейчас, когда период вращения Земли растет, можно сказать, что Земля и Луна будут медленно отдаляться. Луна медленно по спирали движется прочь от Земли. Каждый оборот вокруг Земли увеличивает среднее расстояние между ними приблизительно на 2,5 миллиметра.

Вращение Луны будет замедляться очень постепенно, так что оно будет продолжать соответствовать увеличивающейся длительности месяца. Со временем, когда период вращения Земли, продолжая удлиняться, достигнет точки, когда и Земля навсегда обратится одной стороной к Луне, последняя отступит настолько, что месяц будет длиться 47 дней. В то же время и период собственного вращения Луны будет 47 дней, так же как и у Земли. Два тела будут вращаться, как гантель, жестко скрепленные стержнем. Центры Земли и Луны будут находиться тогда на расстоянии 480 000 километров.

## **Приближающаяся Луна**

Если бы не было приливо-отливных эффектов, вращение такой гантели продолжалось бы вечно. Однако приливо-отливные эффекты Солнца продолжали бы существовать. Эти эффекты работали бы в довольно сложной манере, ускоряя вращение Земли и Луны и подтягивая эти два тела друг к другу, но медленнее, чем они сейчас отдаляются. Очевидно, это сближение продолжалось бы неопределенно долго, и можно предположить, что Луна в конце концов упадет на Землю (хотя я и начал с того, что этого не может случиться), потому что ее угловой момент вращения вокруг общего центра полностью перейдет в угловой момент собственного вращения. Она не упадет в обычном смысле этого слова, но будет постепенно продвигаться по своему пути к нам, по му-

чительно медленно и неуклонно уменьшающейся спирали. Но даже и в этом случае она не упадет, столкновения не произойдет.

Когда оба тела будут подходить все ближе и ближе друг к другу, приливо-отливные эффекты будут усиливаться, как куб уменьшающегося расстояния. Ко времени, когда Землю и Луну будет разделять расстояние (от центра до центра) около 15 500 километров, между двумя их поверхностями останется лишь 7400 километров, приливо-отливный эффект Луны на Землю будет в 15 000 раз сильнее, чем сейчас. Но приливо-отливный эффект Земли на Луну будет все же почти в 500 000 сильнее, чем приливо-отливный эффект Луны на Землю сегодня.

Тогда приливо-отливное притяжение Луны к Земле будет столь сильным, что Луна будет просто разорвана на части и разломится на куски. Лунные осколки как результат дальнейших столкновений (и последующего разламывания) распространятся по лунной орбите, и Земля окажется опоясанной кольцом, как Сатурн, только намного более ярким и плотным.

А что станет с Землей, когда все это будет происходить?

Когда Луна подойдет к Земле, ее приливо-отливный эффект колоссально возрастет. Земля не подвергнется опасности разлома, поскольку приливо-отливный эффект на нее будет значительно меньше, чем ее приливо-отливный эффект на Луну. Кроме того, сильное гравитационное поле Земли

будет более эффективно удерживать ее целостность, сопротивляясь приливоотливному эффекту; другое дело с Луной. И, конечно, как только Луна расколется и гравитационное поле ее фрагментов распределится вокруг Земли, приливо-отливный эффект станет намного меньше.

Однако именно перед расколом Луны приливы и отливы на Земле станут такими огромными, что океан, поднятый на несколько километров, будет полностью окатывать континенты. Поскольку период вращения Земли в этих условиях сближения с Луной может оказаться 10 часов, приливы и отливы будут повторяться каждые пять часов.

Не представляется возможным, что суша или море при подобных условиях будут достаточно стабильны, чтобы поддерживать что-либо, кроме высокоприспособленных форм жизни, скорее всего, очень простых по структуре.

Разумеется, можно предположить, что люди, если в ту пору они еще будут существовать, сумеют развить подземную цивилизацию ко времени подхода Луны (это, несомненно, будет очень медленное приближение, и она не подойдет врасплох). Однако это не спасет их, поскольку при подобном приливо-отливном воздействии трещащий по всем швам земной шар будут сотрясать постоянные землетрясения.

Однако нет нужды волноваться по поводу судьбы Земли при приближении Луны, поскольку Земля станет необитаемой задолго до этого.



Давайте вернемся к модели Земли и Луны, вращающихся друг с другом, как гантель, с периодом обращения 47 дней. Мы увидим, что Земля уже мертва. Представьте себе, что поверхность Земли находится под лучами Солнца 47 дней: температура поднимется до такого уровня, что можно кипятить воду. Представьте себе поверхность Земли, погруженную на 47 дней в темноту: температура станет антарктической.

Полярные области будут открыты солнечной радиации даже более, чем на 47 дней за один цикл, но это Солнцу, находящемуся низко над горизонтом. На медленно вращающейся Земле тропические области будут под лучами тропического Солнца 47 дней – существенная разница.

Крайние значения температур, несомненно, сделают Землю непригодной для большинства форм жизни. По крайней мере, она будет необитаемой на поверхности, хотя мы можем себе представить, что люди создадут подземную цивилизацию, о чем я упомянул ранее.

И все же не стоит тревожиться и о гантельном вращении системы Земля-Луна, поскольку, как ни странно, этого никогда не случится.

Если день на Земле увеличивается на 1 секунду каждые 62 500 миллионов лет, то через 7 миллиардов лет, в течение которых Солнце будет оставаться в главной последовательности, день наберет около 31 часа и станет продолжительностью 2,3 современного дня. Однако Луна за это время отда-

лится и ее приливо-отливный эффект уменьшится, так что будет справедливо сказать, что по истечении 7 миллиардов лет день на Земле будет примерно в два раза длиннее, чем сейчас.

Так что никак невозможно, чтобы день удлинился настолько, что Земля станет вращаться с Луной, как гантель, не говоря уже о том, что обе они начнут сближаться по спирали, чтобы построить великолепное кольцо. Задолго до того как случится нечто подобное, Солнце раздуется в красный гигант и равным образом разрушит и Землю, и Луну.

Отсюда следует, что Земля будет оставаться обитаемой, что же касается периода ее вращения, то пока она существовала бы с удвоенной продолжительностью дня, крайние значения температуры днем и ночью отличались бы больше, чем сейчас, и были бы несколько некомфортными.

Однако человечество, несомненно, покинет планету к тому времени (предполагая, что оно переживет эти миллиарды лет), и именно раздувающееся Солнце прогонит его от себя, а не замедляющееся вращение.

## 9. Дрейф земной коры

### Внутреннее тепло

Поскольку, похоже, что тела ощутимых размеров извне (даже Луна) серьезно не угрожают Земле, пока Солнце остается в главной последовательности, давайте на время отвлечемся от остальной части Вселенной (Нам придется время от времени возвращаться к ней в связи с небольшими телами) и сосредоточимся на планете Земля.

Может ли при отсутствии вторжения инородного тела иметь место катастрофа, которая коренится в самой Земле? Например, не может ли планета вдруг неожиданно взорваться? Или не может ли она расколоться надвое? Или, быть может, ее целостность окажется каким-то образом настолько радикально ослаблена, что это приведет к катастрофе третьего класса, положив конец Земле как обитаемому миру? В конце концов, Земля очень горячее тело, только ее поверхность холодная.

Первоначальным источником тепла была кинетическая энергия малых тел, которые 4,6 миллиарда лет назад сбились вместе, образовав Землю. Кинетическая энергия преобразовалась в тепло, достаточное, чтобы расплавить внутренность. И с тех пор, за миллиарды лет, Земля не осты-

ла. Причиной тому – внешние слои камня, которые являются хорошим изолятором и плохо проводят тепло. Поэтому из Земли в окружающее пространство просачивается лишь сравнительно небольшое количество тепла.

Разумеется, некоторое количество тепла просачивается, так как нет совершенных изоляторов; несмотря на это, никакого охлаждения не происходит. Во внешних слоях Земли существуют определенные виды атомов, являющиеся радиоактивными. Четыре из них особенно важны: уран-238, уран-235, торий-232 и калий-40. Их распад идет очень медленно, после миллиардов лет существования Земли некоторые из этих элементов существуют практически в первозданном виде. Конечно, большая часть урана-235 и калия-40 в настоящий момент уже распалась, но распалась только половина урана-238 и только пятая часть тория-232.

Энергия преобразуется в тепло, и хотя количество тепла, произведенного одним-единственным атомом, незначительно, общее количество тепла, произведенного большим количеством распадающихся атомов, почти соответствует количеству тепла, теряемого недрами Земли. Следовательно, Земля скорее слегка набирает тепло, чем теряет.

А не может ли случиться так, что агрессивно горячие недра (а по некоторым оценкам температура в центре Земли достигает 26 000 по Цельсию) создадут такую расширяющую силу, которая, словно огромная планетарная бомба, взорвет холодную кору, оставив только пояс астероидов на месте, где

когда-то находилась Земля?

Собственно говоря, такой поворот событий вполне возможен, так как между орбитами Марса и Юпитера уже имеется астероидный пояс. Откуда он взялся? Когда в 1802 году немецкий астроном Генрих В. М. Олберс (1754—1840) открыл второй астероид – Паллас, он тут же сделал предположение, что оба астероида Церера и Паллас – маленькие обломки большой планеты, которая когда-то двигалась по орбите между Марсом и Юпитером и взорвалась. Теперь, когда мы знаем, что существуют десятки тысяч астероидов, большинство которых в поперечнике не более двух километров, эта мысль выглядит еще более правдоподобной.

Представляется, что есть еще одно свидетельство по этой части. Дело в том, что 90 процентов метеоритов, которые достигают поверхности Земли (и которые, как считают, приходят из астероидного пояса), – это каменные метеориты, и 10 процентов – железо-никелевые. Это вызывает предположение, что они представляют собой обломки планеты с железо-никелевой сердцевиной и каменной мантией вокруг нее. У Земли такая сердцевина составляет примерно 17 процентов объема всей планеты. Марс несколько менее плотен, чем Земля, и, следовательно, должен иметь сердцевину (более плотную часть планеты) в пропорции, меньшей к общему объему, чем у Земли. Если взорвавшаяся планета была похожа на Марс, это объясняет соотношение каменных и железо-никелевых метеоритов.

Есть даже процента два каменных метеоритов – «углеродистых хондритов», которые содержат значительное количество легких элементов – даже воду и органические соединения. Их можно рассматривать как возникшие в самой внешней части коры взорвавшейся планеты. И все же, как ни убедительно звучит теория взрывного происхождения астероидов, она не принята астрономами. Наибольшая оценка общей массы астероидов определяет ее как примерно 1/10 массы Луны. Если бы все астероиды были единым телом, диаметр его был бы приблизительно 1600 километров. А чем меньше тело, тем меньше тепла в его центре и тем меньше причин мы найдем для того, чтобы оно взорвалось. Представляется крайне маловероятным, чтобы тело, имеющее размеры всего лишь со средний астероид, могло взорваться.

Представляется гораздо более вероятным, что когда Юпитер рос, он был настолько эффективен в захвате дополнительной массы, находящейся по соседству (благодаря своей уже достаточно большой массе), что оставил очень мало от того, что теперь называется поясом астероидов, для накопления в планету. Действительно, он оставил так мало, что Марс уже не смог вырасти таким большим, как Земля или Венера. Просто не осталось в наличии достаточно материи.

Возможно также, что астероидная материя была слишком мала по массе и создавала слишком слабое гравитационное поле для того, чтобы собраться в единую планету, осо-

бенно потому, что этому противодействовало приливо-отливное воздействие гравитационного поля Юпитера. Вместо этого могли сформироваться несколько умеренных размеров астероидов, а столкновения между ними могли превратить в порошок несколько более мелких объектов.

Короче, теперь большинство исследователей сошлось на том, что астероиды не продукт взорвавшейся планеты, а материалы планеты, которая так и не сформировалась.

Поскольку в космосе между Марсом и Юпитером не было взорвавшейся планеты, у нас меньше оснований полагать, что какая-нибудь другая планета взорвется. Более того, не следует недооценивать силу гравитации. У объекта размером с Землю гравитационное поле доминирует. Расширительное влияние внутреннего тепла далеко не достаточно для того, чтобы преодолеть силу гравитации, направленную внутрь.

Стоит поинтересоваться, не поднимет ли радиоактивный распад атомов температуру выше опасного уровня? Что касается взрыва, то тут опасаться нечего. Если температура повысится настолько, что расплавит Землю, планета лишится существующей атмосферы и океанов, но остальная ее часть продолжит вращаться как огромная капля, все еще удерживаемая в целостности благодаря своей гравитации. (Гигантская планета Юпитер, как сейчас полагают, является как раз такой вращающейся каплей с температурой в центре порядка 54 000 градусов по Цельсию, однако гравитационное поле

Юпитера в 318 раз сильнее, чем у Земли.) Разумеется, если бы Земля стала достаточно горячей, чтобы расплавить всю планету, кору и все прочее, это было бы настоящей катастрофой третьего класса. О взрыве тут и говорить нечего.

Однако это тоже вряд ли случится. Естественная радиоактивность Земли непрерывно падает. Сейчас она меньше половины той, что была в начале истории планеты. Если планета не расплавилась за первые миллиарды лет своей жизни, она не расплавится и сейчас. И даже если температура Земли возрастает в течение всего периода ее существования в постоянно уменьшающемся темпе и пока не преуспела в расплавлении коры, но все еще работает над этой задачей, температура будет подниматься настолько медленно, что предоставит человечеству много времени, чтобы оставить планету.

Более вероятно, что тепло недр Земли, в самом лучшем случае, поддерживает самое себя, и, если радиоактивность планеты продолжит падать, может начаться очень медленная потеря тепла. Мы даже можем предположить, что в очень далеком будущем Земля станет совершенно холодной.

Воздействует ли это на жизнь таким образом, что можно будет посчитать это катастрофой? Что касается температуры поверхности Земли, несомненно, такого воздействия не будет. Почти все тепло нашей поверхности поступает от Солнца. Если Солнце погаснет, температура поверхности Земли станет намного ниже, чем в Антарктике, а тепло недр будет оказывать лишь незначительное смягчающее действие.



С другой стороны, если температура недр упадет до нуля, но Солнце не погаснет, то мы, что касается температуры поверхности, не заметим разницы. Тем не менее внутреннее тепло Земли связано с энергией распада атомов, с которой люди знакомы. Не окажется ли потеря его в какой-то степени катастрофичной, даже если Солнце не погаснет?

Это вопрос, над которым не надо ломать голову. Он никогда не встанет. Спад радиоактивности и потеря тепла продолжатся с такой малой скоростью, что ко времени, когда Солнце покинет главную последовательность, внутри Земля наверняка останется почти таким же горячим телом, как и сейчас.

## **Катастрофизм**

Перейдем теперь к катастрофам третьего класса, которые не ставят под угрозу целостность Земли, но, тем не менее, сделают планету необитаемой.

Основной частью многих мифов является рассказ о мировых бедствиях, которые ведут к уничтожению всей или почти всей жизни. Очень вероятно, что они родились из бедствий меньших размеров, а потом преувеличились в памяти и были еще больше преувеличены в легенде.

Например, самые ранние цивилизации возникли в долинах рек, а долины рек иногда подвергаются сильным наводнениям. Особенно бедственное наводнение, которое смыло

весь район, с которым люди были знакомы (а люди ранних цивилизаций имели ограниченное представление о протяженности Земли), могло показаться им гибелью мира.

Древние шумеры, которые проживали в долинах Тигра и Евфрата, там, где теперь Ирак, по-видимому, подверглись особенно страшному наводнению около 2800 года до н. э. Оно произвело на них такое сильное впечатление и так потрясло их мир, что последующие события они датировали, как «до Потопа» и «после Потопа».

В конце концов шумерская легенда о Потопе выросла в то, что содержится в первом известном миру эпическом произведении: «Сказании о Гильгамеше», властителя шумерского города Урук. В своих приключениях он сталкивается с Ут-Напиштим, семья которого одна спаслась от Потопа на большом корабле, построенном им самим.

Эпос был популярен и распространился за пределы шумерской культуры и сохранился у наследников шумеров, которые продолжали жить в долинах Тигра и Евфрата. Он достиг иудеев и, возможно, греков, и те, и другие включили историю о Потопе в свои мифы о возникновении Земли. Версия, лучше всего известная на Западе, библейская история, изложенная в главах 6-9 Книги Бытия. Рассказ о Ное и ковчеге слишком хорошо известен, чтобы стоило его здесь пересказывать.

В течение многих веков события Библии были приняты почти всеми евреями и христианами как божественное от-

кровение и, следовательно, как незыблемая истина. Словом, предполагалось, что в третьем тысячелетии до н. э. был всемирный потоп, который уничтожил практически всю жизнь на суше.

Это расположило ученых считать, что различные свидетельства изменений, которые они обнаружили в коре Земли, являются результатом резких катаклизмов планетарного Потопа. Когда оказалось, что Потопа недостаточно, чтобы объяснить все изменения, возникло искушение предположить, что периодически происходили другие катастрофы. Убеждение в этом получило название «катастрофизм» (Или, как принято в российской науке, „Теория катастроф“.).

Соответствующее объяснение ископаемых остатков вымерших видов и разработка теории эволюции были задержаны существованием катастрофизма. Швейцарский натуралист Шарль Бонне (1720—1793) придерживался, например, взгляда, что окаменелые ископаемые являются остатками вымерших видов, которые погибли в результате той или иной планетарной катастрофы, периодически происходившей в мире. Ноев Потоп был лишь самой последней из них. После всякой катастрофы семена или другие остатки жизни, существовавшей до катастрофы, развивались в новые, более высокие формы. Словом, будто Земля была грифельной доской, а жизнь – сообщением, которое то и дело стирали и переписывали.

Такой взгляд был принят и французским анатомом Байро-

ном Жоржем Кювье (1749—1832), который решил, что четыре катастрофы, в том числе последняя – Потоп, объясняют все ископаемые находки. Но их находили все больше и больше, и нужно было все больше и больше катастроф, чтобы разобраться с одними и подготовить почву для других. В 1849 году ученик Кювье Альсид д'Орбини (1802—1857) решил, что требуется не меньше двадцати семи катастроф.

Д'Орбини был последним вздохом катастрофизма. Действительно, по мере того как все больше и больше обнаруживали ископаемых останков и история прошлого жизни вырисовывалась все более детально, стало ясно, что не было катастроф типа Бонне-Кювье.

Бедствия в истории Земли были не раз, и, как мы увидим, жизнь испытывала на себе их драматические последствия, но не было такой катастрофы, чтобы положить конец всей жизни и заставить ее начаться снова. Не имеет значения, где провести черту и сказать: «Вот катастрофа»; всегда можно найти большое количество видов, которые проживали в этот период без изменений и без какого-либо воздействия на них.

Жизнь, без сомнения, непрерывна, и ни в какое время, с тех пор как она появилась свыше трех миллиардов лет назад, не было какого-нибудь четкого знака полного ее прерывания. В любой момент за весь этот период Земля, как представляется, была в изобилии заполнена живущими созданиями.

В 1859 году, лишь десять лет спустя после заявления

д'Орбиньи, английский натуралист Чарлз Роберт Дарвин (1809—1882) опубликовал свою книгу «О происхождении видов путем естественного отбора». Она продвинула вперед то, что мы называем «теорией эволюции», и она имела в виду постепенное изменение видов, без катастроф и возрождения. Книга была встречена значительной оппозицией прежде всего со стороны тех, кто был шокирован тем, что новая теория опровергает утверждения Книги Бытия, но она победила.

Даже сегодня огромное количество людей, приверженных буквальной интерпретации Библии и совершенно не знакомых с научными свидетельствами, из-за невежества остаются враждебно настроенными к концепции эволюции. Тем не менее нет научных сомнений в том, что эволюция является фактом, хотя остается много возможностей для дискуссий относительно того, каковы точные механизмы, благодаря которым она происходила (Те, кто предпочитает отрицать эволюцию, часто утверждают, что это «просто теория», но очевидность слишком далека от этого. Мы можем также сказать, что закон всемирного тяготения Исаака Ньютона (1643—1727) – тоже «просто теория»). При всем том история Потопа и пристрастие многих людей к драматическим выдумкам в том или ином виде сохраняют идею катастрофизма за пределами науки.

Сохраняющаяся привлекательность идей Иммануила Велликовского обязана, по крайней мере частично, катастро-

физму, который он проповедует. Есть нечто драматическое и волнующее в видении Венеры, летящей к нам, и в прекращении вращения Земли. Тот факт, что это не согласуется ни с какими законами небесной механики, не беспокоит человека, которого волнуют подобные истории.

Великовский поначалу выдвинул свои идеи, чтобы объяснить библейскую легенду о том, как Джошуа останавливает Солнце и Луну. Великовский принимает то, что Земля вращается, потому что решил остановить вращение. Если бы вращение вдруг остановилось, как подразумевает библейский рассказ, все, что есть на Земле, со свистом бы улетело.

Даже если вращение прекратить постепенно, в течение дня (чтобы объяснить, почему все осталось на месте), то энергия вращения преобразуется в тепло и закипят океаны. Если бы океаны Земли вскипели во время Исхода, трудно понять, почему они так богаты морской жизнью сейчас.

Даже если проигнорировать кипение, какова вероятность того, что Венера так воздействует на Землю, что возобновит ее вращение в том же самом направлении и с тем же самым периодом – до секунды, – который существовал ранее?

Разумеется, многих астрономов ставит в тупик и расстраивает влияние подобных бессмысленных взглядов на множество людей, но они недооценивают притягательность катастрофизма. Они также недооценивают недостаток у большинства людей опыта в научных вопросах – особенно у людей, которые прекрасно образованы в иных областях. Дей-

ствительно, образованные неученые гораздо легче поддаются псевдонауке, чем другие люди, поскольку простой факт образования, скажем, в области литературы способен возбудить у человека ложное мнение о его способности разобраться в чужой сфере.

Существуют другие примеры катастрофизма, которые привлекают неискушенных. Например, какое-нибудь заявление, что Земля время от времени вдруг поворачивается так, что полярные зоны становятся тропическими и, наоборот, находит благодарных слушателей. Таким образом можно объяснить, почему некоторые сибирские мамонты замерзли так неожиданно. Предположить же, что мамонты просто совершили какое-то неудачное действие, оступились, попали в расщелину или болото, – это представляется недостаточным. Даже если Земля и впрямь так повернется, то тропическая зона в тот же миг не замерзнет. Потеря тепла требует времени. Если печку в доме вдруг прекратить топить холодным зимним днем, пройдет порядочно времени, прежде чем температура внутри дома упадет до уровня замерзания.

Кроме того, совершенно невероятно, чтобы Земля повернулась таким образом. В результате вращения Земли существует экваториальное выпячивание, и Земля из-за него представляет собой как бы гигантский гироскоп. Механические законы, управляющие движением гироскопа, достаточно хорошо известны, а количество энергии, которое необхо-

димом, чтобы таким образом повернуться, огромно. Несмотря на Великовского, нет источника такой энергии, если не считать вторжения планетарных объектов извне. За последние четыре миллиарда лет такого вторжения не было, да и в обозримом будущем не будет.

Несколько более трезвое предположение состоит в том, что не Земля целиком повернулась, а сдвинулась только ее тонкая кора. Кора в несколько дюжин миль толщиной и составляющая только 0,3 от общей массы Земли, располагается на мантии Земли. Этот толстый слой скалы, который, хотя он не настолько горяч, чтобы быть расплавленным, тем не менее довольно горяч и поэтому может представляться мягким. Возможно, время от времени кора скользит по поверхности мантии, производя для жизни, находящейся на поверхности, все эффекты полного смещения и с гораздо меньшей тратой энергии. (Такую мысль высказал в 1886 году немецкий писатель Карл Лоффельхольц фон Кольберг.) Что же вызвало такое смещение коры? Считали, что якобы огромная ледовая шапка в Антарктике, находящаяся не точно на Южном полюсе, в результате вращения Земли вызывает вне центра вибрацию, которая в конечном счете образует трещину коры, отделяет ее и затормаживает.

Но это совершенно невозможно. Мантия ни в коем случае не может быть настолько размягченной, что кора проскальзывает по ней. Если бы она и была такой, экваториальное выпячивание удержало бы кору на месте. И, во всяком слу-



чае, расположение антарктической ледовой шапки не точно на земной оси недостаточно, чтобы производить такой эффект.

Более того, этого просто никогда не было. Заторможенной, скользящей по мантии коре пришлось бы разрываться на части при прохождении от полярных регионов к экваториальным. Разрывы и сморщивание коры в случае подобного скольжения обязательно оставили бы массу следов – если не считать, что этот процесс мог уничтожить жизнь и не оставить никого для отыскания этих следов.

Собственно, можно обобщить. За последние 4 миллиарда лет не было катастроф, охватывающих всю нашу планету, которые были бы достаточно радикальными, чтобы вмешаться в развитие жизни, и возможность в будущем катастрофы, возникающей полностью из механики планеты, в высшей степени невероятна.

## **Движущиеся континенты**

Придя к выводу об отсутствии таких катастроф, можем ли мы решить, что Земля абсолютно стабильна и неизменяема? Конечно, нет. Изменения происходят, и происходят даже изменения типа, который я только что исключил. Как же это возможно?

Рассмотрим природу катастроф. Нечто катастрофичное, если оно происходит быстро, может быть совсем не катастро-

фичным, если происходит медленно. Если вы спуститесь с небоскреба очень быстро, спрыгнув с крыши, – это станет для вас личной катастрофой. С другой стороны, если спуститесь достаточно медленно на лифте – это не составит для вас никакой проблемы. В обоих случаях произойдет одно и то же – перемещение сверху вниз. Катастрофично изменение положения или нет, целиком будет зависеть от скорости изменения.

Аналогичный пример: пуля, вылетающая из дула оружия и ударяющая вам в голову, обязательно вас убьет, и та же самая пуля, двигаясь со скоростью, которую приобрела, запущенная рукой человека, попав вам в голову, причинит только боль.

Поэтому я исключил как неприемлемые катастрофы, изменения, которые происходят быстро. Те же самые изменения, но происходящие медленно, – совсем другое дело. Очень медленные изменения могут происходить и происходят, и они не должны быть катастрофическими, и они и на самом деле не являются катастрофическими.

Например, исключив возможность катастрофического скольжения коры, мы должны признать, что очень медленное скольжение, перемещение коры вполне возможно.

Считается, что около 600 миллионов лет назад, по-видимому, был период оледенения (судя по царапинам на камнях соответствующего возраста), это происходило одновременно в экваториальной Бразилии, в Южной Африке, в Ин-

дии и в Западной и Юго-Восточной Австралии. Эти районы, должно быть, были покрыты ледовыми шапками, как сейчас Гренландия и Антарктика.

Но как такое могло произойти? Если расположение на Земле суши и океанов было тогда точно таким, как сейчас, и если полюса были точно на тех же местах, то, чтобы тропические районы оказались под ледовыми шапками, вся Земля должна была бы оледенеть, а это уж совсем невероятно. В конце концов, в других континентальных районах нет признаков оледенения в то время.

Если мы предположим, что полюса изменили свое положение так, что тропическая зона была когда-то полярной и наоборот, то оказывается невозможно найти такое положение для полюсов, которое объяснило бы все те стародавние ледовые шапки в одно и то же время. Если бы полюса оставались на месте, а кора Земли целиком бы переменяла положение, проблема возникает такая же. Нет расположения, при котором объясняются все ледовые шапки.

Единственное, чем можно объяснить это давнишнее оледенение, это то, что массивы суши сами изменили свое положение относительно друг друга и что различные оледенелые места были когда-то рядом друг с другом и находились на том или другом полюсе (или некоторые на одном полюсе, а прочие – на другом). Такое возможно?

Если взглянуть на карту мира, нетрудно заметить, что очертания восточного берега Южной Америки и западного

побережья Африки на удивление похожи. Если вы попробуете вырезать оба континента (полагая, что форма их не слишком искажена при нанесении на плоскую поверхность карты), вам удастся приладить их друг к другу удивительно хорошо. Это было обнаружено, как только очертания этих побережий стали достаточно детально известны. Английский ученый Фрэнсис Бэкон (1564—1626) указал на это еще в 1620 году. А не могло ли быть так, что Африка и Южная Америка когда-то составляли одно целое, что они раскололись на части вдоль линии настоящего побережья и затем дрейфовали по отдельности?

Первым, кто детально занялся этой проблемой, был немецкий геолог Альфред Лотар Вегенер (1880—1930), который опубликовал в 1912 году книгу «Происхождение континентов и океанов».

Континенты состоят из менее твердых пород, чем дно океана. Континенты в основном из гранита, океанское дно главным образом базальтовое. Не могли ли гранитные блоки континентов очень медленно дрейфовать по низлежащему базальту? Это было бы чем-то вроде скольжения коры, только вместо перемещения всей коры движение совершали бы лишь континентальные блоки, и притом очень медленное.

Если бы континентальные блоки двигались независимо, не было бы серьезной проблемы с экваториальным выпячиванием, и, если бы они двигались очень медленно, не потребовалось бы очень много энергии, и в результате не было

бы катастрофы. Более того, если бы континентальные блоки двигались независимо, это бы объясняло очень древнее оледенение обширных регионов мира, некоторых даже рядом с экватором. Все эти регионы были когда-то одновременно у полюсов.

Такой дрейф континентов мог бы дать ответ и на биологические загадки. Существуют сходные виды растений и животных в различных, далеко отстоящих друг от друга частях мира, разделенных океанами, через которые эти растения и животные не могли переправиться. В 1880 году австрийский геолог Эдвард Зюсс предположил, что когда-то существовали земляные мосты, соединявшие континенты. Например, он представлял себе большое суперконтинентальное пространство, протянувшееся вокруг всего южного полушария, объясняя, что именно благодаря ему эти особи достигли различных массивов суши, которые очень удалены друг от друга. Иными словами, выходит, что суша поднималась и опускалась в ходе истории Земли, одни и те же места в одно время были сушей, а в другое время – океанским дном.

Идея эта была популярной, но чем больше геологи узнавали о морском дне, тем менее вероятным казалось, что морское дно когда-либо было частью континентов.

Целесообразнее было представить движения горизонтальные, когда единый континент разламывается на части. Каждая часть несла бы на себе определенную группу особей, и в итоге аналогичные виды оказывались бы разделенными

океанскими просторами.

Вегенер предположил, что когда-то все континенты существовали как единый, обширный блок суши, расположенный в едином огромном океане. Этот континент он назвал «Пангея» (от греческих слов, означающих: «вся Земля»). По какой-то причине Пангея раскололась на несколько фрагментов, которые дрейфовали друг от друга, пока не достигли теперешнего расположения континентов.

Книга Вегенера вызвала значительный интерес, но геологам трудно было принять ее всерьез. Низлежащие слои континентов Земли просто слишком неэластичны, чтобы дать возможность континентам дрейфовать. Южная Америка и Африка были твердо зафиксированы на своих местах, и ни той, ни другой не было возможности дрейфовать по базальту. Поэтому в течение сорока лет теория Вегенера отвергалась.

Тем не менее, чем больше изучали континенты, тем больше убеждались в том, что они когда-то были вместе друг с другом, особенно если рассматривать края континентальных шельфов как истинные границы континентов. Было бы наивным считать это просто совпадением.

Допустим, что Пангея действительно существовала и на самом деле разделилась на фрагменты. В таком случае дно океанов, которое оказалось между фрагментами, должно быть относительно молодым. Ископаемые некоторых пород на континентах по возрасту достигали 600 миллионов лет,

но ископаемые атлантического морского дна, которое должно было сформироваться только после того, как раскололась Пангея, не могли быть настолько старыми. Собственно говоря, ископаемых старше 135 миллионов лет никогда не обнаруживалось в породах на дне Атлантики.

Накапливалось все больше и больше свидетельств в пользу дрейфа континентов. Однако требовались идеи относительно механизма, который бы сделал это возможным, поскольку вегенеровская пахота гранитом по базальту казалась совершенно невозможной.

Ключ нашелся при изучении морского дна Атлантики, которое скрыто от нас толщей воды. Первый намек на то, что там должно скрываться нечто интересное, был получен в 1853 году, когда понадобилось промерить глубины для прокладки трансконтинентального кабеля, чтобы соединить Европу с Америкой электрической связью. Тогда появились сообщения, что посреди океана обнаружены признаки подводного плато. Атлантический океан действительно оказался мельче посередине, чем по краям, и его центральная мель в честь кабеля была названа «Телеграфным плато».

В те дни замер глубин производился путем забрасывания за борт длинного линя с грузом на конце. Это было утомительно, трудно и не очень точно, и таких операций можно было произвести не так много, так что конфигурацию океанского дна можно было представить себе только очень схематично.

Однако во время Первой мировой войны французским физиком Полем Ланжевенем (1872—1946) был разработан способ определения глубин посредством отражения ультразвука от подводных объектов (называемый теперь «сонаром»). В 20-е годы германское океанографическое судно начало производить замеры глубин в Атлантическом океане с помощью сонара, и к 1925 году было установлено, что протяженная подводная горная гряда проходит через весь Атлантический океан примерно посередине. Со временем оказалось, что в других океанах тоже существует такая же гряда и фактически опоясывает земной шар длинным, извивающимся «Среднеокеанским гребнем».

После Второй мировой войны американские геологи Уильям Моррис Эвинг (1906—1974) и Брюс Чарлз Хеззен (1924—1977) энергично взялись за дело и к 1953 году установили, что вдоль гребня, параллельно его оси проходит глубокий каньон. В конце концов он был обнаружен на всем протяжении Среднеокеанского гребня, так что его иногда называют «Большой глобальной расселиной».

Большая глобальная расселина делит кору Земли на крупные пласты, достигающие в некоторых случаях тысяч километров в поперечнике и толщины от 70 до 150 километров. Поскольку эти пласты кажутся аккуратно подогнанными друг к другу, они получили название «тектонических плит».

Обнаружение тектонических плит подтвердило дрейф



континентов, но не по принципу Вегенера. Континенты не плыли и не дрейфовали по базальту. Определенный континент вместе с частями прилегающего морского дна был неотъемлемой частью определенной плиты. Континенты могли двигаться, если двигались плиты, а было ясно, что плиты двигались. Как же они могли двигаться, если были плотно соединены?

Их можно было расталкивать. В 1960 году американский геолог Гарри Хэммонд Гесс (1906—1969) представил доказательства в пользу «расширения морского дна». Горячий, расплавленный камень закипал и медленно всплывал с больших глубин, например в Средней Атлантике, и затвердевал на или около поверхности. Это вскипание и затвердевание камня разделяло плиты и заставляло их раздвигаться со скоростью в некоторых местах от 2 до 18 сантиметров в год. Таким образом, например, разделились Южная Америка и Африка. Иначе говоря, континенты не дрейфовали, их толкали.

Откуда же взялась энергия для этого? Ученые не уверены, но вероятное объяснение состоит в том, что в мантии, находящейся под корой, имеются очень медленные «водовороты»: мантия достаточно горяча, чтобы под большим давлением быть пластичной. Если кружение направлено вверх, на запад и вниз, а соседнее кружение – вверх, на восток и вниз, то противоположные движения под корой имеют тенденцию толкать две соседние плиты в разные стороны, причем между ними вскипает горячее вещество.

Естественно, если две плиты расталкиваются в разные стороны, другие концы этих плит должны толкаться в соседние плиты. Когда две плиты медленно сталкиваются друг с другом, создается мягкая складка, образуются горные цепи. Если они сталкиваются быстрее, одна плита скользит под другой, сдвигается в горячую область и расплавляется. Океанское дно опускается и образует впадины.

Вся история Земли может быть прослежена по тектоническим плитам, исследование этих плит неожиданно стало центральной догмой геологии, как эволюция – центральная догма биологии и как атомная теория – центральная догма химии. Когда тектонические плиты раздвигаются или соединяются, поднимаются горы, опускается морское дно, расширяются океаны, разделяются или соединяются континенты.

Время от времени континенты соединяются в одну огромную массу суши, затем опять раскалываются, снова соединяются и снова разделяются. Как представляется, последнее образование Пангеи произошло 225 миллионов лет назад, как раз тогда, когда началась эволюция динозавров, а разламываться Пангея начала примерно 180 миллионов лет назад.

## **Вулканы**

Может показаться, что подвижка тектонических плит вряд ли явление катастрофическое, ведь она происходит так медленно. В течение исторических времен движение конти-

нентов можно было установить только с помощью особо точных научных измерений. Однако движение плит производит случайные эффекты помимо изменений на карте, эффекты неожиданные и локально-бедственные.

Линии, по которым стыкуются плиты, – эквивалент трещин в земной коре, называются «сдвигами». Эти сдвиги – не просто линии, они имеют всевозможные ответвления и рукава. Сдвиги – это слабые места, через которые тепло и расплавленный камень, находящийся под корой, могут выбраться наверх. Тепло может заявить о себе довольно благожелательно, согревая грунтовые воды, образуя выходы пара, горячие источники. Иногда вода нагревается до тех пор, пока давление не достигнет критической точки, после чего масса ее вырывается на поверхность, высоко в воздух. Затем все утихает, снова создается подземный запас, снова нагревается, снова выбрасывается. Это – гейзер.

В некоторых районах эффект тепла более радикален. Расплавленный камень поднимается и застывает. Новый расплавленный камень вскипает сквозь возвышенность отвердевшего камня и увеличивает ее высоту. В конце концов образуется гора с центральным проходом, по которому расплавленный камень, или «лава», может подниматься и оседать и который может затвердевать на более или менее длительный период, потом плавиться снова.

Это «вулкан», который может быть действующим или недействующим. Иногда определенный вулкан более или ме-

нее активен в течение длительных периодов времени и, как любое хроническое заболевание, не является тогда очень опасным. Иногда, когда подземные события по каким-либо причинам повышают уровень активности, лава поднимается и выливается наружу. Тогда потоки раскаленной лавы сползают по склонам вулкана и иногда направляются к населенным пунктам, которые приходится эвакуировать.

Гораздо более опасны вулканы, которые какое-то время неактивны. Центральный проход, по которому в прошлом поднималась лава, полностью затвердел. Если бы внизу под ним окончательно прекратилась всякая активность, тогда все было бы хорошо. Тем не менее иногда случается, что подземная среда спустя длительное время начинает производить избыток тепла. Лава, образуемая внизу, тогда оказывается заперта затвердевшей лавой наверху. Создается давление, и в конце концов верхушка вулкана под давлением прорывается. Происходит очень резкий и, что еще хуже, более или менее неожиданный выброс газа, пара, твердых камней и раскаленной лавы. Собственно, если бы под вулканом была задержана вода и под огромным давлением превращена в пар, вся верхушка вулкана могла бы разорваться, произведя взрыв намного больший, чем могли бы устроить люди даже в наши дни термоядерных бомб. Хуже также и то, что недействующий вулкан может казаться совершенно безобидным. Он может не проявлять никакого намека на активность на памяти человечества, а почва, которая сравнитель-

но недавно появилась из глубин, обычно очень плодородна. Она привлекает людей, и когда вдруг начинается извержение (если оно все-таки происходит), последствия его могут быть особенно бедственными.

В мире существует 455 действующих вулканов, которые извергаются в атмосферу. Существует еще примерно 80 подводных вулканов. Около 62 процентов действующих вулканов находятся по краям Тихого океана, причем три четверти их – на Западном побережье вдоль цепи островов, которые окаймляют тихоокеанское побережье Азии.

Этот регион иногда называют «огненным кольцом», и раньше считали, что это как бы еще свежий шрам, след того, что в изначальные времена отсюда откололась часть Земли и образовала Луну. Подобное обстоятельство ныне не признается учеными, и огненное кольцо просто отмечает границу встречи Тихоокеанской плиты с другими плитами востока и запада. Еще 17 процентов вулканов расположены вдоль островов Индонезии, они отмечают границу Евразийской и Австралийской плит. Кроме того, 7 процентов вулканов находятся на линии восток-запад поперек Средиземноморья, отмечая границу между Евразийской и Африканской плитами.

В западной истории лучше всего известно извержение Везувия в 79 году нашей эры. Везувий – это вулкан в 1,28 километра высотой, расположенный в 15 километрах к востоку от Неаполя. В древние времена его не считали вулканом, поскольку он не действовал на памяти людей.

И вот 24 августа 79 года нашей эры он проснулся. Поток лавы, облака дыма и пара. На его южных склонах были полностью уничтожены города Помпеи и Геркуланум. Этот инцидент является олицетворением вулканического извержения, потому что он произошел в период расцвета Римской империи, потому что он был драматично, подробно описан Плинием Младшим (чей дядя Плиний Старший погиб во время извержения, пытаясь наблюдать бедствие вблизи), и потому, что раскопки, начатые в 1709 году, позволили воссоздать остановленную на ходу жизнь римской провинциальной общины. Однако в отношении разрушений это были пустяки.

Вот, например, остров Исландия, лежащий на Среднеокеанском гребне, на границе между Североамериканской и Евразийской плитами, особенно вулканичен. Он действительно разрывается на части, поскольку дно Атлантического океана продолжает распираться (Кстати, слово «гейзер» – это исландский вклад в английский язык).

В 1783 году начал извергаться вулкан Лаки, находящийся в центре Южной Исландии в 190 километрах к востоку от Рейкьявика, столицы Исландии. За два года лава покрыла площадь в 580 квадратных километров. Непосредственный ущерб от лавы был небольшим, но вулканический пепел распространился на большие расстояния, достигая даже Шотландии – на 800 километров к юго-востоку, и притом в концентрации, достаточной, чтобы повредить пахотные земли.

В самой Исландии пепел и вредные испарения погубили три четверти домашнего скота и привели в негодность те небольшие площади возделываемой земли, что были на острове. В результате 10 000 человек, одна пятая тогдашнего населения острова, умерли от голода и болезней.

Еще большее бедствие может произойти в густонаселенных районах. Обратимся к вулкану Тамборо, находящемуся на индонезийском острове Сумбава к востоку от Явы. В 1815 году Тамборо был высотой 4 километра. 7 апреля того же года сдерживаемая лава прорвалась и развалила верхний километр вулкана. Во время этого извержения из недр было исторгнуто примерно 150 кубических километров вулканического вещества, и это была самая большая масса, выброшенная в атмосферу в исторические времена (Возможно, это переоценка. Вероятно, верхний километр не вывалился полностью, так как большая часть его обрушилась в срединную дыру, образованную извергающейся лавой). Настоящий дождь камней и пепла убил 12 000 человек, а порча фермерских земель и гибель домашних животных привели к голоду и смерти на Сумбаве и соседнем острове Ломбок еще 80 000 человек.

В западном полушарии наиболее ужасное извержение произошло 8 мая 1902 года. Вулкан Мон-Пеле на северо-западной оконечности Карибского острова Мартиника был известен тем, что время от времени как бы слегка икал, но в тот день он взметнулся в гигантском взрыве. Поднялось

облако горячего газа, река лавы потекла по склонам вулкана с большой скоростью, все это обрушилось на город Сен-Пьер и полностью уничтожило его жителей. Погибло 38 000 человек. (Чудом выжил один, содержащийся в подземной тюрьме.) Однако самое крупное извержение современности произошло на острове Кракатау. Это был небольшой остров площадью 45 квадратных километров, немного меньше Манхэттена, расположенный в Зондском проливе между островами Суматра и Ява, в 840 километрах западнее Тамборо.

Кракатау не казался особенно опасным – было незначительное извержение в 1680 году. Однако 20 мая 1883 года появилась заметная активность, но она прошла сравнительно благополучно, хотя после нее слышался низкого тона несильный подземный гул. Затем в 10 часов утра 27 августа произошло мощное извержение, которое практически разрушило остров. Только в воздух было выброшено около 21 кубического километра вулканического вещества, это намного меньше, чем сомнительная цифра, которая относится к извержению Тамборо шестьдесят восемь лет до того, но то, что было выброшено здесь, было выброшено с намного большей силой.

Пепел выпал на площади 800 000 квадратных километров и затемнил окружающий район на два с половиной дня. Пыль достигла стратосферы и распространилась по всей Земле, вызывая эффектные закаты на протяжении почти



двух лет. Звук взрыва был слышен на расстоянии тысяч миль, по приблизительным подсчетам на 1/13 земного шара, а сила извержения была примерно в двадцать шесть раз больше, чем у самой мощной когда-либо взорванной водородной бомбы.

Взрыв вызвал волну цунами (иначе говоря, «приливо-отливную волну»), которая окатила соседние острова и уже менее катастрофично прокатилась по всему океану. Жизнь всех видов на Кракатау была уничтожена, а волна цунами достигала высоты 36 метров, уничтожила 163 деревни и убила почти 40 000 человек.

Кракатау называли самым громким взрывом, слышанным на Земле в исторические времена, но, как оказалось, это было неверно. Был взрыв громче.

В южной части Эгейского моря примерно в 230 километрах к юго-востоку от Афин есть остров Тира. Он имеет форму полумесяца, раскрытого на запад. Между его рогами находятся два маленьких острова. В целом это – круг, который очень похож на большой кратер вулкана, и так оно и есть. Остров Тира вулканического происхождения и перенес несколько извержений, а недавние раскопки свидетельствуют, что приблизительно в 1470 году до н. э. остров был значительно больше, чем сейчас, и был местом процветающей ветви минойской культуры, центром которой был остров Крит, в 105 километрах южнее Тиры.

Примерно в тот год Тира и взорвалась, так же как Кра-

катау тридцать три века спустя, только с силой, в пять раз большей. Также и на Тире все было уничтожено, а возникшая волна цунами (достигшая в некоторых гаванях высоты 50 метров) с шумом обрушилась на Крит и произвела такие разрушения, что минойская цивилизация была уничтожена (Историкам было известно, что минойская цивилизация пришла в это время в упадок, но не знали почему, пока не были произведены раскопки на Тире). Должно быть, прошла почти тысяча лет, прежде чем развитие греческой цивилизации подняло культуру этих мест до уровня, который был достигнут до извержения.

Без сомнения, взрыв Тире не убил столько людей, как взрыв Кракатау или Тамборо, потому что Земля в те времена была намного менее плотно заселена. Однако взрыв Тире имеет печальную отличительную черту, будучи единственным извержением вулкана, которое полностью уничтожило не город или группу городов, а целую цивилизацию.

У взрыва Тире есть еще одна довольно романтическая отличительная черта. Египтяне сохранили сведения об этом взрыве, впрочем, довольно путаные; греки узнали о нем от них, вероятно, в процессе изложения, искажая их еще больше (Великовский собрал легенды, касающиеся бедствий этого периода, – в их число он включает Исход, – и, если они вообще что-то значат, было бы гораздо логичнее отнести их к хаосу и опустошению, которые последовали за извержением Тире, чем к невероятному вторжению планеты Венера).

Эти рассказы появляются в двух диалогах Платона.

Платон (427—347 до н. э.) не пытался придерживаться исторической правды, поскольку использовал рассказ для того, чтобы поучать. Очевидно, он не мог поверить, что великий город, о котором говорили египтяне, существовал в Эгейском море, где были только маленькие, не имеющие никакого значения острова. Поэтому он поместил его далеко на западе в Атлантическом океане и назвал уничтоженный город Атлантидой. В результате многие с тех пор стали считать Атлантический океан местом затонувшего континента. Открытие Телеграфного плато, по-видимому, укрепило уверенность в этом, но тщательное исследование Среднеокеанского гребня, конечно, убило эту идею.

Предположение Зюсса о земляных мостах в океане и о подъеме и опускании обширных регионов суши еще больше воодушевило приверженцев «потерянного континента». Тут уже стали заявлять, что существовала не только Атлантида, но и аналогичные затонувшие континенты в Тихом и Индийском океанах, и дали им названия: Лемурия и Му. Разумеется, Зюсс был не прав, во всяком случае он говорил о событиях, происходивших сотни миллионов лет назад, тогда как энтузиасты полагали, что океанское дно поднималось и опускалось всего десятки тысяч лет назад.

Тектонические плиты положили всему этому конец. Ни в каком океане нет затонувших континентов, хотя, конечно, приверженцы потерянного континента так или иначе будут

продолжать верить в свои глупости.

До последнего времени ученые (включая меня) подозревали, что сообщение Платона было сплошной выдумкой ради морали. В этом мы оказались не правы. Некоторые из описаний Платона перекликаются с материалами раскопок Тирры, так что его рассказ, должно быть, основывался на действительном уничтожении города катастрофой, продолжавшейся целую ночь, но только города на маленьком острове, а не континента.

Однако, как бы ни плохи были вулканы в наихудшем своем проявлении, есть еще один эффект тектонических плит, который может быть даже более губительным.

## Землетрясения

Когда тектонические плиты разрываются на части или движутся вместе, это не обязательно происходит гладко. Действительно, можно ожидать определенного сопротивления от трения.

Мы можем себе представить, что две плиты держатся вместе благодаря огромным давлениям, линия соприкосновения неровна, простирается в глубину на мили, и края плит из неровного камня. И вот скажем, подвижка плит имеет тенденцию толкать одну на север, в то время как другая неподвижна или толкается на юг. Или, может быть, одна плита поднимается, в то время как другая неподвижна или опуска-

ется.

Огромное трение краев плит препятствует их движению, по крайней мере на время. Медленная циркуляция в мантии ломает плиты в некоторых местах на части. В других местах поднимается наверх расплавленный камень, углубляется морское дно, и это приводит к толчкам одной плиты о другую. Могут проходить годы, но рано или поздно трение преодолевается, и плиты, перемалывая края друг друга, движутся, возможно, только на сантиметры. или на метры. Давление в результате ослабевает, и плиты останавливаются на еще один неопределенный период времени до следующего заметного движения.

Когда движение плит все же происходит, Земля вибрирует и происходит «землетрясение». В течение века две плиты взаимодействуют друг с другом довольно часто, и землетрясение, если происходит одновременно с этим или через короткое время, может быть не особенно сильным. Но плиты могут настолько крепко удерживаться друг другом, что в течение века ничего не происходит, затем они вдруг срываются, движутся за весь век сразу, и происходит сильнейшее землетрясение. Как обычно в подобных случаях, степень ущерба зависит от скорости изменения во времени. Такое же высвобождение энергии, распределенное на протяжении века, может не причинить никакого вреда, в то время как сконцентрированное в один короткий временной интервал может быть катастрофическим.

Поскольку землетрясения, как и вулканы, связаны со сдвигами – местами, где взаимодействуют две плиты, – те же самые регионы, где находятся вулканы, подвержены и землетрясениям. Однако из двух этих явлений землетрясения более опасны. Извержения лавы случаются в определенных местах – из легко опознаваемых огромных вулканов. Обычно бедствия ограничены небольшим районом, лишь изредка возникают при этом цунами и происходит выброс большого количества пепла. Центры же землетрясений могут возникнуть в любом месте вдоль линии сдвига, которая может иметь в длину сотни миль.

Вулканы обычно дают какое-нибудь предупреждение. Даже когда взрывается верхушка вулкана, этому предшествуют предварительный грохот, выделение дыма, появление пепла. В случае с Кракатау, например, появились признаки активности вулкана за три месяца до неожиданного взрыва. Землетрясения же происходят обычно без ясно различимого предупреждения.

Извержения вулканов почти всегда связаны с определенным местом и почти всегда растянуты во времени настолько, что позволяет людям спастись бегством. Землетрясения обычно завершаются за пять минут и за эти пять минут могут нанести ущерб обширному району. Толчки земли сами по себе не опасны (хотя они могут быть ужасно пугающими), но они, как правило, разрушают дома, так что люди гибнут под руинами. В наше время землетрясения могут ло-

мать плотины и стать причиной наводнений, разрушать линии электропередач и вызывать пожары, короче, наносить огромный ущерб недвижимости.

Самое известное в западной новой истории землетрясение произошло 1 ноября 1755 года. Эпицентр его был около побережья Португалии, и это землетрясение, безусловно, было одним из трех-четырёх наиболее сильных зарегистрированных землетрясений. Лиссабон, столица Португалии, принял на себя главный удар стихии, все дома в нижней части города были разрушены. Потом волна цунами, вызванная подводной частью землетрясения, ворвалась в гавань и довершила катастрофу. Погибло шестьдесят тысяч человек, город был разрушен так, словно на него сбросили водородную бомбу.

Удар ощущался на площади 3,5 миллиона квадратных километров и нанес существенный ущерб не только в Португалии, но и в Марокко. Это был День всех святых, люди были в церквях, и по всей Европе те, кто был на богослужении, видели, как раскачивались и плясали в соборах паникадила.

Наиболее известное в американской истории землетрясение произошло в Сан-Франциско. Этот город лежит на границе между Тихоокеанской и Североамериканской плитами. Эта граница проходит вдоль западной Калифорнии и называется сдвигом Сан-Андреас. По всей длине сдвига и его ответвлений землетрясения ощущаются довольно часто, обычно слабые, но иногда участки сдвига застывают на месте, а

когда глубинные силы все-таки сдвигают их, результаты разрушительны.

В 05.13 утра 18 апреля 1906 года сдвиг дал о себе знать в Сан-Франциско, и здания рухнули. Начался пожар, который продолжался в течение трех дней, пока дождь не потушил его. Четыре квадратных мили центра города были полностью разрушены. Около семисот человек погибли, а четверть миллиона осталась без крова. Ущерб недвижимости оценивался в полмиллиарда долларов.

В результате изучения этого землетрясения американским геологом Гарри Филдингом Ридом (1859—1944) было установлено, что произошло скольжение вдоль сдвига. Грунт одного края сдвига Сан-Андреас продвинулся вдоль относительно другого на 6 метров. Это исследование привело к современному пониманию землетрясений, хотя только полвека спустя после разработки учения о тектонических плитах была понята сила, вызывающая землетрясения.

Значительность этого землетрясения не должен исказить тот факт, что смертей было относительно немного, но ведь и город тогда был по числу жителей не так велик. По числу погибших были в западном полушарии и более значительные землетрясения.

В 1970 году на курортный городок Янгей в Перу, в 320 километрах от столицы страны Лимы, землетрясение обрушило воду, накопившуюся за земляным валом. Возникшее наводнение унесло 70 000 жизней.



Более значительный ущерб принесло землетрясение на другой стороне Тихоокеанской плиты, на Дальнем Востоке, где плотность населения очень велика и где строительство имело тенденцию быть настолько непрочным, что дома рушились при первом же сильном содрогании земли. 1 сентября 1923 года произошло очень сильное землетрясение, эпицентр которого пришелся на юго-восток столичного района Японии: Токио-Иокогама. Токио в 1923 году был намного крупнее Сан-Франциско 1906 года; в районе Токио-Иокогама проживало тогда около двух миллионов человек.

Землетрясение произошло незадолго до полуночи, и 575 000 строений тотчас были уничтожены. От землетрясения и пожара, который последовал, погибло более 140 000 тысяч человек, материальный ущерб достиг почти трех миллиардов долларов (в ценах того времени). Это было по разрушениям, наверное, самое «дорогое» из всех до того случившихся землетрясений.

И все же, с точки зрения смертельных потерь, это было не самое худшее землетрясение. 23 января 1556 года в центральном Китае, в провинции Шенси при землетрясении погибло, по сообщениям того времени, 830 000 человек. Конечно, мы не можем полностью доверять этим старым сообщениям, но 28 июля 1976 года подобное разрушительное землетрясение произошло в Китае к югу от Пекина. Города Тяньцзинь и Таншань были сровнены с землей. Китай тогда не представил официальных данных о потерях и ущербе, но

по неофициальным данным погибло 665 000 человек и 779 000 получили ранения<sup>1</sup>.

Что же сказать о землетрясениях и вулканах в целом? Они, безусловно, бедственны, но они строго локальны. За миллиарды лет от появления жизни вулканы и землетрясения никогда и близко не подходили к тому, чтобы стать окончательными разрушителями жизни. Их также нельзя считать и уничтожителями цивилизации. То, что взрыв Тирры был мощным фактором в падении минойской цивилизации, несомненно, но цивилизации в те времена были весьма невелики. Минойская цивилизация ограничивалась островом Крит и еще некоторыми островами в Эгейском море и не имела сильного влияния на греческую часть материка.

Можем ли мы быть уверены, что все это останется без изменений, что тектонические нарушения покоя не станут катастрофическими в будущем, даже если они оставались такими в прошлом? В 1976 году, например, было около пятидесяти несущих гибель людям землетрясений, а некоторые из них были просто чудовищны (А вот данные за последние годы: 1996 год – 21 землетрясение силой 7 баллов и выше, 1997 – 17. И во всех гибли люди. В августе 1999 года землетрясение в Турции унесло десятки тысяч жизней). Не развалится ли Земля на части по какой-нибудь причине?

Вовсе нет, все это только кажется таким ужасным. Что же касается фактов, то 1906 год (год землетрясения в Сан-Франциско) видел бедственных землетрясений больше, чем

1976-й, но в 1906 году люди так о них не переживали. Почему же теперь землетрясения вызывают у них большее волнение?

Во-первых, после Второй мировой войны колоссальное развитие получили средства связи. Совсем не так давно обширные районы Азии, Африки и даже Южной Америки были почти недосыгаемы для нас. И если в отдаленных районах происходило землетрясение, то лишь слабые отголоски о нем достигали широкой общественности. Сейчас каждое землетрясение в деталях описывается на первых страницах газет. Результаты бедствия можно даже увидеть по телевидению.

Во-вторых, возрос наш собственный интерес. Мы уже больше не изолированы и не варимся в собственном соку. Некоторое время назад, если мы и слышали подробности о землетрясениях на других континентах, мы просто отмахивались от них. Что происходит в далеких частях мира, было для нас не важно. Теперь же у нас окрепло понятие, что происходящее в любом уголке мира имеет влияние на нас, и мы больше обращаем внимания на происходящие события, и больше растет наше беспокойство.

В-третьих, население мира выросло. За последние пятьдесят лет оно удвоилось и сейчас насчитывает четыре миллиарда человек (Книга написана в 1979 году. К началу XXI века эта цифра перевалила за шесть миллиардов). Землетрясение, от которого в 1923 году в Токио погибло 140 000 чело-

век, если бы оно повторилось теперь, унесло бы, возможно, миллион жизней. Прикинем, что население Лос-Анджелеса в 1900 году было 100 000 человек, сейчас – 3 миллиона. Землетрясение, нанеси оно сейчас свой удар по Лос-Анджелесу, вполне вероятно, погубит в тридцать раз больше людей, чем погубило в 1900 году. И это не означает, что землетрясение оказалось в тридцать раз сильнее, просто количество людей, попавших в зону бедствия, увеличилось в тридцать раз.

Например, наиболее сильное зарегистрированное землетрясение в истории Соединенных Штатов имело место не в Калифорнии, а в Миссури. Эпицентр землетрясения был около Нью-Мадрида на реке Миссисипи на юго-востоке штата, и оно было настолько сильным, что течение Миссисипи изменилось. Однако произошло это 15 декабря 1811 года, и район этот был тогда еще очень слабо заселен. Не было зарегистрировано ни одного несчастного случая. Точно такое же землетрясение в том же самом месте сегодня, несомненно, погубит сотни людей. А если произойдет несколькими километрами выше по реке, унесет десятки тысяч жизней.

Наконец, мы должны помнить, что, собственно, убивает людей при землетрясениях – это сооружения. Падающие здания хоронят людей, прорванные плотины – топят, пожары, возникающие от повреждения кабелей, – сжигают. Сооружения людей умножились с годами и стали более сложными и дорогими. И это не только увеличивает человеческие потери, но и значительно увеличивает ущерб недвижимости.

## Тектоническое будущее

Можно ожидать, как следует из сказанного, что с каждым десятилетием смертность от землетрясений и извержений вулканов будет повышаться, а разрушений будет становиться больше, даже если плиты не будут ничего делать, а только продолжать двигаться, как на протяжении уже нескольких миллиардов лет. Мы можем также ожидать, что люди, отмечая больше смертей и разрушений, будут уверены, что положение становится хуже и Земля прямо ходит ходуном.

Но это не так! Даже если и впрямь кажется, что положение ухудшается, то дело не в тектонических изменениях, а в человеческих. Конечно, всегда есть кто-нибудь, кто по каким-либо причинам стремится предсказать неизбежный конец света. В более ранние времена такое предсказание обычно вдохновлялось той или иной частью Библии и часто рассматривалось как следствие человеческой греховности. В наше время за причину гибели принимается некоторый материальный аспект Вселенной.

Например, в 1974 году была опубликована книга Джона Гриббина и Стефана Плагемана под заглавием «Эффект Юпитера», и я написал к этой книге предисловие, потому что считал, что это любопытная книга. Гриббин и Плагеман, исходя из предположения приливо-отливного влияния планет на вспышки на Солнце, подсчитали приливо-отливный

эффект на него нескольких планет. Вспышки на Солнце – источник так называемого «солнечного ветра», который, видимо, влияет на Землю. Они задались вопросом, не может ли это, хотя и очень небольшое, влияние добавить что-то к давлениям, вызывающим различные сдвиги. Например, если сдвиг Сан-Андреас был уже на грани подвижки, связанной с опасным землетрясением, эффект солнечного ветра мог бы добавить последнюю каплю и ускорить подвижку. Гриббин и Плагеман предсказывали, что в 1982 году планеты расположатся таким образом, что их приливо-отливный эффект на Солнце будет больше, чем обычно. В таком случае, если сдвиг Сан-Андреас близок к тому, чтобы совершить подвижку, 1982 год мог оказаться подходящим годом для этого.

Но не следует забывать, что эта книга прежде всего предположительна. А во-вторых, даже если бы упомянутая цепь событий имела место, – если расположение планет и произвело бы необычно большой приливо-отливный эффект на Солнце, а Солнце увеличило число и интенсивность вспышек, это бы интенсифицировало солнечный ветер, который бы слегка подтолкнул сдвиг Сан-Андреас, – все, что произошло бы – это землетрясение, которое все равно бы произошло, возможно, в следующем году, если бы его не подтолкнули в этом. Это могло бы быть сильное землетрясение, но оно было бы не сильнее, чем без подталкивания. Оно могло бы нанести огромный ущерб, но не из-за своей силы, а только из-за того, что люди за время, прошедшее с землетрясе-

ния 1906 года, гораздо плотнее заселили Калифорнию и застроили ее своими сооружениями.

Тем не менее книга была неправильно понята, и возник лихорадочный страх, что вот в 1982 году «выстроятся в ряд» планеты и в результате своего астрологического влияния вызовут на Земле различные ужасные бедствия, наименьшее из которых приведет к сползанию Калифорнии в море. Глупости! (Поистине так, ведь мы благополучно пережили этот «парад планет», не ощутив никакого влияния ни на нас самих, ни на окружающую среду. А землетрясение все равно произошло, но несколько позже, как было отмечено выше, в 1989 году. Последний «парад планет» состоялся 5 мая 2000 года) Точка зрения о сползании Калифорнии в море представляет интерес для несведущих людей, по-видимому, не без причины. Отчасти, должно быть, потому, что они имеют неясное представление о сдвиге, проходящем по западному краю Калифорнии (который существует), и что, возможно, происходит перемещение вдоль сдвига (которое, возможно, и впрямь происходит). Однако перемещение это не превышает нескольких метров, причем края сдвига не разойдутся. В результате, конечно будет нанесен ущерб, но Калифорния в целом останется на месте.

Разумеется, можно предположить, что в будущем произойдет расширение вдоль сдвига; вещество хлынет наверх и раздвинет края сдвига, создавая впадину, которую может заполнить Тихий океан. Западный осколок Калифорнии ото-

двинется тогда от остальной Северной Америки, образуя длинный полуостров, нечто вроде нынешней Нижней Калифорнии, или, может быть, даже длинный остров. Но для того чтобы это произошло, потребовались бы миллионы лет, и процесс не сопровождался бы ничем хуже землетрясений и вулканической деятельности такого же вида, которая существует сейчас.

Но продолжим мысль о сползании Калифорнии в море. Существует астероид Икар, открытый в 1948 году Бааде. Орбита этого астероида весьма эксцентрична. На одном конце орбиты он проходит через зону астероидов, на другом ее конце – оказывается ближе к Солнцу, чем Меркурий. Примерно в срединной части орбиты Икар проходит довольно близко к орбите Земли, так что является «пасущимся у Земли».

Когда Икар и Земля оказываются в определенных точках на орбитах, их разделяет только 6,4 миллиона километров. Но даже на таком расстоянии, которое почти в семнадцать раз больше расстояния до Луны, эффект Икара на Землю нулевой. Тем не менее при недавнем наиболее близком подходе Икара можно было услышать предупреждения о сползании Калифорнии в море.

На самом деле опасность вулканической деятельности и землетрясений со временем может уменьшаться. Если, как утверждалось ранее, Земля в конце концов потеряет свое внутреннее тепло, ведущую силу подвижки тектонических



плит, вулканическая деятельность и землетрясения вообще исчезнут. Однако никакое значительное ослабление этих явлений, безусловно, не произойдет до того, как для Солнца настанет время красного гиганта.

Весьма важен тот факт, что люди уже пытаются уменьшить опасность. В случае с вулканами это относительно просто. Осмотрительно сторониться этих объектов, внимательно следить за появлением предвестников извержения, которые появляются почти во всех случаях и помогают предотвратить ущерб и гибель. С землетрясениями труднее, хотя они тоже подают знаки. Когда одна из сторон сдвига добирается до точки скольжения о другую, то, прежде чем произойдет толчок, кое-какие незначительные изменения в грунте все-таки имеют место, их нужно только тем или иным способом обнаружить и измерить.

Изменения в камне, которые начинают появляться прямо перед землетрясением, включают в себя уменьшение электрического сопротивления, взгорбливание грунта и увеличение потока воды в нижних прослойках, образующихся из-за постепенного растягивания камня. Увеличение потоков может быть обнаружено благодаря увеличению концентрации радиоактивных газов в воздухе, таких, как радон, – газов, которые до тех пор были заключены в камне. Происходит также повышение уровня воды в колодцах.

Довольно странно, что одним из верных признаков неизбежного землетрясения является общее изменение в пове-

дении животных. Обычно спокойные лошади ржут и носятся, собаки воют, рыбы прыгают. Такие животные, как змеи и крысы, обычно прячущиеся в своих норах, неожиданно попадают на глаза. Шимпанзе меньше времени проводят на деревьях и больше на земле. Из этого не следует, что животные обладают способностью предсказывать будущее или обладают неизвестными чувствами, которыми не обладаем мы. Они живут в более тесном контакте с окружающей природой, и их жизнь, полная опасностей, заставляет обращать внимание на почти не воспринимаемые изменения, что мы делаем не всегда. Мелкая дрожь, которая предшествует настоящему толчку, настораживает их; незнакомые звуки, исходящие от трения краев сдвига, делают то же самое.

В Китае, где землетрясения довольно часты и разрушительнее, чем в Соединенных Штатах, предпринимаются большие усилия, чтобы предсказывать землетрясения. Население призывают обращать внимание на всякие изменения вокруг. О странном поведении животных, так же как и об изменениях уровня колодезной воды, возникновении странных звуков из земли и даже о необъяснимом отслаивании краски сразу же докладывается властям. Таким образом китайцы добиваются предупреждения о разрушительных землетрясениях за день или за два, и им удалось спасти много жизней – особенно, говорят, при землетрясении в Северо-Восточном Китае 4 февраля 1975 года. (С другой стороны, они, кажется, были застигнуты врасплох страшным зем-

летрясением 28 июля 1976 года.) В Соединенных Штатах попытки в предсказании землетрясений также становятся более серьезными. Наша сила – высокие технологии, и мы можем привлечь их для обнаружения слабых изменений в локальных магнитных, электрических и гравитационных полях, так же как и регистрировать повседневные изменения в уровне и химическом составе колодезной воды, производить пробы окружающего воздуха.

Однако необходимо определять место, время и силу предсказываемого землетрясения очень точно, потому что ложная тревога может дорого обойтись. Быстрая эвакуация может внести больше экономической сумятицы и личного дискомфорта, чем незначительное землетрясение, и если эвакуация окажется ненужной, реакция людей будет неблагоприятной. При следующем предупреждении люди откажутся эвакуироваться, но землетрясение может нанести удар.

Чтобы предсказать землетрясение с приемлемой точностью, вероятно, надо произвести разнообразные измерения и взвесить относительную важность их изменения. Можно представить себе дюжину стрелок, измеряющих различные свойства, вводимые в компьютер, который бы оценивал все воздействия и выдавал общий показатель, а по достижении определенной критической точки давал бы сигнал на эвакуацию.

Эвакуация означала бы уменьшение ущерба, но должны ли мы удовлетвориться этим? Нельзя ли полностью предот-

вратить землетрясение? По-видимому, нет практического способа изменить подземный камень, но подземная вода – другое дело. Если просверлить глубокие колодцы на расстоянии нескольких километров по линии сдвига, и если вода под напором заполнит их, если позволить ей потом отхлынуть – так можно ослабить подземное давление и таким образом избавиться от землетрясения. Конечно, вода может сделать больше, чем просто ослабить давление. Она может «смазать» породы и способствовать скольжению с более частыми интервалами. Серия малых землетрясений, которые не причиняют вреда, даже в совокупности гораздо лучше, чем одно большое землетрясение.

И хотя легче с упреждением за несколько дней предсказать извержение вулкана, чем предсказать землетрясение, было бы труднее и опаснее пытаться высвободить вулканическое давление, чем высвободить давление землетрясения. Все же не будет фантазией – представить, что недействующие вулканы могут быть пробурены таким образом, чтобы горячая лава могла подниматься по открытому центральному проходу, не создавая давления на взрывную точку, или у таких вулканов могут быть прорезаны новые каналы ближе к уровню земли в направлениях, которые не могут вызвать для людей особенно бедственных последствий.

Подводя итог, по-видимому, разумно предположить, что Земля будет оставаться достаточно стабильной во время пребывания Солнца в главной последовательности и что

жизнь не будет находиться под угрозой из-за какого-нибудь содрогания Земли или какого-нибудь неблагоприятного движения ее коры. А что касается локальных бедствий – извержения вулканов и землетрясения, то, наверное, существует возможность снизить степень опасности.

# 10. Изменение погоды

## Времена года

Даже если мы предположим, что состояние Солнца абсолютно надежно и что Земля абсолютно стабильна, вокруг нас существуют периодические изменения, которые подчас неблагоприятно влияют на наши способности, в том числе на главную способность живого существа – оставаться живым. Из-за того, что Земля нагревается Солнцем неравномерно благодаря ее сферической форме, ее слегка изменяющемуся расстоянию от Солнца при движении по эллиптической орбите и тому факту, что ее ось наклонена, средняя температура во всяком определенном месте на Земле повышается и падает в течение года, что выражается в смене времен года.

В умеренных зонах у нас легко различаются теплое лето и холодная зима, с волнами тепла в первом случае и снежными заносами во втором. Между ними промежуточные времена года – весна и осень. Различия во временах года менее заметны, если мы передвинемся к экватору, по крайней мере в отношении температур. Но даже в тропических регионах, где разница температур в течение года невелика и стоит вечное лето, вероятно наличие сезонов дождей и засухи.

Различие времен года более заметно, когда мы движемся

к полюсам. Зимы становятся длиннее и холоднее, солнце – ниже, а лето – короче и прохладнее. Наконец, на самих полюсах существуют легендарные дни и ночи по полгода, когда солнце скользит прямо по горизонту или, соответственно, на шесть месяцев скрывается за ним.

Естественно, времена года, как известно, не плавно изменяются по температурам. Существуют экстремальные значения, которые иногда достигают бедственных величин. Существуют также периоды, когда в течение продолжительного времени дождей меньше, чем обычно, и в результате наступает засуха, при которой гибнет урожай. А поскольку население в сельскохозяйственных районах имеет тенденцию к росту до лимита, который может поддерживаться в годы хорошего урожая, за засухой случается голод.

В доиндустриальное время, когда перевозка на большие расстояния была затруднительна, голод в одной провинции мог развиваться до крайности, несмотря на то, что соседние провинции имели излишки продуктов. Даже в современных условиях время от времени голодали миллионы. В 1877 и 1878 годах в Китае умерли от голода 9,5 миллионов человек, после Первой мировой войны в Советском Союзе умерло от голода 5 миллионов. Голод должен теперь стать меньшей проблемой, потому что возможно, например, в случае необходимости перевезти на кораблях американскую пшеницу в Индию. Тем не менее проблема все-таки есть. Между 1968 и 1973 годами в Сахеле, той части Африки, которая лежит к

югу от пустыни Сахара, стояла засуха, и четверть миллиона людей умерло голодной смертью, а еще миллионы были доведены до крайней степени истощения.

И, напротив, бывают периоды, когда дождей выпадает больше нормы, и в самом худшем случае быстрое нарушение водного режима вызывает наводнение. Они особенно губительны на равнинных, прилегающих к рекам землях. Так, в Китае река Хуанхэ, или Желтая река (также называемая «горе Китая»), не раз выходила из берегов и губила сотни тысяч людей. Наводнение на Хуанхэ в 1931 году утопило около 3,7 миллиона человек.

Иногда разлив реки наносит не столь большой ущерб, как неистовый ветер, сопровождающий ливни. В ураганах, циклонах, тайфунах и так далее (в разных районах по-разному называют широкого захвата быстро вращающиеся ветры) сочетание ветра и воды может быть смертельным.

Особенно серьезный ущерб наносится густонаселенной низменной дельте реки Ганг в Бангладеш, где 13 ноября 1970 года до миллиона человек погибло под бешеными ударами циклона, который загнал море вглубь континента. Четыре других подобных циклона в предыдущем десятилетии унесли в Бангладеш жизни по крайней мере десяти тысяч человек каждый.

Зимой, там, где ветер при более низкой температуре сочетается со снегом и образуется метель, смертей меньше, наверное, только потому, что такие явления больше присущи



полярным и приполярным районам, где населения мало. Тем не менее 11—14 марта 1888 года трехдневная снежная буря в северо-восточных штатах США унесла жизни 4000 человек, а буря с градом 30 апреля этого же года убила 246 человек в Морадабаде, в Индии.

Но самая драматичная буря – это торнадо, он представляет собой плотнодвигающиеся со скоростью до 480 километров в час спиральные ветры. Они могут буквально все уничтожить на своем пути, единственная их милость – это кратковременность и неширокий охват. В Соединенных Штатах возникает до тысячи таких торнадо в год, большей частью в центральных районах, а общее количество погибших незначительно. В 1925 году от торнадо в Соединенных Штатах погибло 689 человек.

Однако эти и остальные погодные ситуации могут быть квалифицированы только как бедствия, но не катастрофы. Ни одно из них не угрожает жизни в целом, не угрожает даже цивилизации. Жизнь приспособлена к временам года. Существуют организмы, адаптировавшиеся к тропикам, пустыне, тундре, к тропическим лесам, и жизнь может продолжать существование, хотя может и изрядно пострадать в этих экстремальных ситуациях.

А не могут ли времена года, изменив свою природу, стереть с лица Земли большую часть жизни или даже всю ее? Скажем, посредством затянувшейся зимы или затянувшегося засушливого времени года? Не может ли Земля превра-

тяться в планетарную Сахару или в планетарную Гренландию? Исходя из нашего опыта в исторические времена, есть искушение сказать «нет».

Происходили слабые колебания маятника. Например, во время минимума Мондера в семнадцатом веке средняя температура была ниже нормы, но недостаточно низкая для того, чтобы подвергнуть жизнь опасности. Могут быть подряд засушливые лета или мягкие зимы, штормовые весны или дождливые осени, но ход событий возвращается в свое русло, и ни одно из них не становится по-настоящему непереносимым. Пожалуй самую серьезную попытку изменения климата последние века Земля испытала в 1816 году после сильнейшего извержения вулкана Тамборо. В стратосферу было выброшено столько пыли, что значительное количество солнечной радиации было отражено ею обратно в космос и не достигло земной поверхности. Эффект был таков что казалось будто Солнце стало более тусклым и холодным. В результате 1816 год стал известен как «год без лета» В Новой Англии шел снег по крайней мере один раз каждый месяц, включая июль и август, в течение всего года.

Ясно что если бы это продолжалось из года в год без перерыва, результат был бы в конечном счете катастрофичным. Но пыль осела, и климат вошел в свой обычный ритм.

Однако обратимся к доисторическим временам. Был ли когда-нибудь период, когда климат был несомненно более экстремальным, чем в наши дни? Был ли он достаточно

экстремальным, чтобы приблизиться к катастрофическому? Естественно, он никогда не мог быть достаточно экстремальным, чтобы покончить со всей жизнью, поскольку живое продолжает в изобилии населять Землю, но не мог ли он быть настолько экстремальным, чтобы вызвать такие проблемы, что стань он еще хоть чуть-чуть хуже, и это бы серьезно угрожало жизни?

Первый намек на возможность такой экстремальности появился в конце восемнадцатого века, когда складывалась современная геология. Некоторые аспекты земной поверхности начали казаться озадачивающими и парадоксальными в свете новой геологии. То тут, то там обнаруживались на местности крупные валуны, не похожие на общий скальный фон. В других местах обнаруживались неподходящие отложения песка и гравия. Естественным объяснением того времени было то, что нарушения привнесены Ноевым потопом.

Однако во многих местах обнаженные скалы были изоброждены параллельными царапинами, древними выветренными царапинами, которые могли быть следствием скобления камня по камню. Но в этом случае что-то должно было прижимать один камень к другому с большой силой, да еще иметь силу, чтобы двигать один камень по отношению к другому. Одна вода такого сделать не могла, но если не вода, то что же?

В 20-х годах XIX века два швейцарских геолога, Иоганн Х. Шарпантье (1786—1855) и И. Венец занялись этим во-

просом. Они были хорошо знакомы со Швейцарскими Альпами, они знали, что когда летом тают и несколько отступают ледники, они оставляют после себя отложения песка и гравия. Не перенесен ли этот песок и гравий вниз по склонам горы и не выполнил ли эту работу ледник, потому что он движется, как медленная, очень медленная река? А не могут ли ледники переносить большие камни точно так же, как песок и гравий? И если ледники когда-то были намного больше, чем сейчас, не могли ли они скоблить валунами по другим камням, делая царапины? А если ледники несли песок, гравий, гальку и валуны намного дальше тех пределов, до которых эти ледники сейчас простираются, не могли ли они, отступив, оставить свою ношу в окружении, к которому она не принадлежала?

Шарпантье и Венец заявили, что именно это и произошло. Они предположили, что альпийские ледники в давно прошедшие времена были намного мощнее и протяженнее и что отдельные валуны перенесены в Северную Швейцарию огромными ледниками, которые в прошлом простирались сюда от южных гор, и остались там, когда ледники постепенно уменьшились и отступили.

Поначалу теория Шарпантье-Венеца не была воспринята учеными всерьез, поскольку они сомневались, что ледники могут течь, как реки. Одним из сомневающихся был молодой друг Шарпантье, швейцарский натуралист Жан Л. Р. Агассиз (1807—1873). Агассиз решил исследовать ледники, что-

бы установить, действительно ли они текут. В 1839 году он вбил колья по 6 метров в лед и к лету 1841 года увидел, что они продвинулись на существенное расстояние. Более того, те колья, что были в середине ледника, продвинулись значительно дальше, чем те, что были по краям, где лед двигался медленнее из-за трения с горным склоном. То, что было прямой линией кольев, превратилось в неглубокую букву U, открытая часть которой была направлена на вершину горы. Это показывало, что лед не двигался цельным куском. Налицо было своего рода пластичное течение, когда вес верхней части льда толкал его нижнюю часть, медленно выдавливая ее, подобной зубной пасте из тубы.

В конце концов Агассиз объездил всю Европу и Америку в поисках признаков скобления ледником камней. Он нашел обломки горных пород в неожиданных местах, которые отмечали продвижение ледников и их отступление. Он нашел впадины «котловины», которые имели много признаков того, что их могли выкопать ледники. Некоторые из них были заполнены водой, и Великие озера Северной Америки являются примером особенно больших заполненных водой котловин.

Агассиз сделал вывод, что время обширных ледников в Альпах было также временем обширных пластов льда во многих местах. То есть имел место «ледниковый период», когда пласты льда, подобные тем, что сейчас покрывают Гренландию, покрывали большие районы Северной Амери-

ки и Евразии.

С тех пор были проведены тщательные геологические исследования, и выяснилось, что погода, такая, какова она сегодня, несомненно далека от погоды, типичной для определенных времен в прошлом. Ледники в течение последнего миллиона лет несколько раз распространялись из полярных регионов на юг и отступали, а потом наступали снова. Между периодами оледенения были «межледниковые периоды», и сейчас мы живем в одном из них, но не установившемся полностью. Огромная ледовая шапка Гренландии сохранилась еще как живое напоминание о недавнем периоде оледенения.

## **Что двигает ледники?**

Ледниковый период последнего миллиона лет, очевидно, не положил конец жизни на планете. Он не положил конец даже человеческой жизни. Homo sapiens и его человекообразные предки прожили весь ледниковый период последнего миллиона лет без какого-либо заметного перерыва в эволюции и развитии.

Тем не менее мы вправе поинтересоваться, – не ждет ли нас впереди еще один ледниковый период, или мы живем еще в «хвосте» прошедшего? Даже если ледниковый период не означает конец жизни или хотя бы человечества и не катастрофичен в этом смысле, то мысль, что почти вся Канада

и северная часть Соединенных Штатов покрыта ледником в милю толщиной (не говоря о покрытых льдом аналогичных частях Европы и Азии), представляется достаточно неприятной.

Чтобы ответить на вопрос, не могут ли ледники вернуться, сначала было бы полезно узнать, что вызывает такие ледниковые периоды. И перед тем, как попытаться это сделать, следует понять, что не так много и надо для того, чтобы привести в движение ледники, нет необходимости отыскивать большие и невозможные изменения.

Снег каждую зиму падает на большую часть Северной Америки и Евразии, и эти регионы остаются покрытыми замерзшей водой почти так, как если бы возвратился ледниковый период. Снежный покров, однако, составляет от нескольких сантиметров до пары метров, и за лето весь тает. В общем существует баланс, и в среднем летом тает столько снега, сколько выпало зимой. Это обычные изменения.

Но, предположим, что-то случилось, и лета стали в среднем немного холоднее, совсем ненамного, может быть, на два-три градуса. Этого будет недостаточно для того чтобы заметить. И, конечно, не будем считать это непрерывным изменением, то есть будут лета потеплее и лета похолоднее с обычным произвольным их распределением, но лета потеплее будут менее частыми, так что в среднем снег, который выпадает зимой, не совсем весь растает летом. Происходит суммарное увеличение из года в год снежного покрова. Это

будет очень медленное увеличение, и оно будет заметно в северном полярном и приполярном регионах, а также в высокогорных местностях. Накапливающийся снег превратится в лед, и ледники, которые существуют в полярных регионах и в южных широтах на больших высотах, расширятся за зиму и меньше сократятся за лето. Они будут расти из года в год.

Изменение питало бы и само себя. Лед отражает свет более эффективно, чем обнаженный камень или почва. Собственно лед отражает порядка 90 процентов света, который падает на него, в то время как почва отражает менее 10 процентов. Это означает, что когда ледовый покров расширяется, больше солнечного света отражается и меньше поглощается. Средняя температура понизится немного больше, лета станут все же немного прохладнее, ледовое покрытие будет расширяться быстрее. И вот, в результате очень незначительного первоначального охлаждающего действия ледники станут расти, превращаться в толстые ледяные пласты, которые медленно, год за годом, станут продвигаться, пока наконец не покроют обширные пространства Земли.

И вот ледниковый период установился, ледники продвинулись далеко на юг; тем не менее достаточно очень маленького изменения в противоположную сторону, своеобразного «спускового крючка», и он может инициировать общее отступление. Если средняя температура лета вырастет на два-три градуса и на продолжительный период, то снега летом растает больше, чем выпало зимой, и лед станет из года в



год отступать. С его отступлением Земля будет отражать несколько меньше света, а поглощать – несколько больше. Это делает лета еще теплее и отступление ледника будет ускорено.

Нам остается установить, что это за «спусковой крючок», который инициирует продвижение ледника, а потом и его отступление. Это сделать легко. Однако существует слишком много возможных «спусковых крючков», и трудность задачи состоит в том, чтобы сделать выбор. Например, причина изменения может быть связана с самим Солнцем. Ранее я упоминал о том, что минимум Мондера приходится на то время, когда погода на Земле была в общем прохладной. Это время и впрямь иногда называют «маленьким ледниковым периодом».

Если существует причинная связь, если минимумы Мондера охлаждают Землю, тогда, примерно каждые сто тысяч лет Солнце проходит по протяженному минимуму Мондера, который длится не несколько десятков лет, а несколько тысячелетий. Земля может быть тогда достаточно холодной, чтобы инициировать и поддерживать ледниковый период. Когда Солнце наконец начнет снова покрываться пятнами и испытывать только короткие минимумы Мондера, Земля слегка согреется, и начнется отступление ледников.

Возможно, так оно и есть, но у нас нет свидетельств. Может быть, дальнейшее изучение солнечных нейтрино, и вопроса почему их так мало, поможет нам достаточно узнать о

том, что происходит внутри Солнца, и позволит понять запутанность цикла солнечных пятен. Мы могли бы тогда сочетать вариации солнечных пятен с периодами оледенения и были бы способны предсказать, наступит ли следующий период оледенения и когда.

Но причиной может бы быть вовсе не Солнце, которое будет сиять с прежним постоянством. Причиной может быть природа пространства между Землей и Солнцем.

Я объяснял ранее, что существует лишь невероятно малый шанс столкновения со звездой или любым другим небольшим объектом из межзвездного пространства как самого Солнца, так и Земли. Существуют, однако, блуждающие облака пыли и газа между звездами в нашей Галактике (также и в других галактиках, подобных ей), и Солнце, двигаясь по своей орбите вокруг галактического центра, вполне может пройти через некоторые из этих облаков.

Облака не густые по обычным стандартам. Они не отравят ни нашей атмосферы, ни нас. Сами по себе они даже не были бы особенно заметны обычному наблюдателю, не говоря уже о том, что не были бы, конечно, катастрофическими. Ученый НАСА (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства в Соединенных Штатах) Диксон М. Батлер даже предположил в 1978 году, что наша Солнечная система прошла за время своего существования по крайней мере дюжину довольно обширных облаков, и, если уж на то пошло, он мог ошибиться в меньшую

сторону.

Почти все подобные облака состоят из водорода и гелия, которые никак не воздействуют на нас. Однако около 1 процента массы таких облаков составляют пыль, зерна льда и камня. Каждое из этих зерен отражает, поглощает и вновь излучает солнечный свет, так что меньше солнечного света пробивает себе путь мимо зерен, меньше его попадает и на поверхность Земли.

Зерна могут не так уж сильно загораживать направленный на Землю солнечный свет. Солнце может для нас выглядеть так же ярко, даже звезды могут не выглядеть по-иному. Тем не менее особенно плотное облако могло бы задержать некоторое количество света, вполне достаточное, чтобы запустить механизм наступления ледникового периода. Смещаясь в сторону, облако способно послужить причиной отступления ледника.

Возможно, в последний миллион лет Солнечная система пересекала регион облаков Галактики, и всякий раз, когда мы проходили через особенно густое облако, которое задерживало достаточное количество света, начинался ледниковый период, и, когда мы оставляли облако позади, ледники отступали. Перед последним ледниковым периодом в миллион лет был период 250 миллионов лет, во время которого не было ледниковых периодов, и, по-видимому, Солнечная система в течение этого периода проходила через чистые регионы Галактики. Перед этим был 1-й ледниковый период,

наводящий на мысль о Пангее.

Возможно, каждые 200 или 250 миллионов лет существуют серии ледниковых периодов. Поскольку это не очень отличается от периода полного оборота Солнечной системы вокруг галактического центра, может быть, каждый оборот мы проходим через тот же самый облачный регион. Если мы теперь прошли через этот регион полностью, тогда, возможно, периодов оледенения не будет четверть миллиарда лет. Если же нет, тогда еще один – или целая серия их – должен наступить гораздо раньше этого срока.

Например, группа французских астрономов в 1978 году представила свидетельство о возможности еще одного межзвездного облака, и как раз впереди. Солнечная система приближается к нему со скоростью около 20 километров в секунду и может достичь краев облака примерно через 50 000 лет.

Но Солнце непосредственно или облака межзвездной пыли могут не быть истинным «спусковым крючком». Сама Земля или, скорее, ее атмосфера, может послужить таким механизмом. Солнечной радиации приходится преодолевать атмосферу, и это способно дать свой эффект.

Примем во внимание, что солнечная радиация достигает Земли главным образом в форме видимого света. Пик солнечной радиации приходится на длины волн видимого света, который легко проходит сквозь атмосферу. Другие формы радиации – ультрафиолет и рентгеновские лучи, которые

Солнце производит не в таком изобилии, атмосферой задерживаются.

В отсутствие Солнца, ночью, поверхность Земли излучает тепло в открытый космос. Это происходит главным образом в виде длинных инфракрасных волн. Они тоже проходят сквозь атмосферу. При обычных условиях оба эти эффекта балансируются, и Земля теряет столько тепла со своей окутанной ночью поверхности, сколько получает на свою поверхность, залитую дневным светом. Средняя температура поверхности остается одной и той же из года в год.

Азот и кислород, которые фактически составляют всю атмосферу, пропускают как видимый свет, так и инфракрасное излучение. Двуокись углерода, или углекислый газ, и водяной пар пропускают видимый свет, а инфракрасное излучение не пропускают. Это впервые было отмечено ирландским физиком Джоном Тиндалом (1820—1893). Углекислый газ составляет только 0,03 процента земной атмосферы, а содержание водяного пара непостоянное и низкое. Следовательно, они не блокируют полностью инфракрасное излучение.

Тем не менее отчасти они его все-таки блокируют. Если бы в атмосфере Земли совершенно не было углекислого газа и водяного пара, то по ночам инфракрасное излучение исчезло бы интенсивнее, чем сейчас. Ночи были бы холоднее, чем сейчас, и дни, разогреваясь от холодного старта, тоже были бы холоднее. Средняя температура Земли была бы заметно ниже, чем сейчас.

Углекислый газ и водяной пар в нашей атмосфере, хотя они и присутствуют в ней в малых количествах, все же блокируют достаточное количество инфракрасного излучения, чтобы служить ощутимыми хранителями тепла. Их наличие способствует заметно более высокой средней температуре на Земле, чем была бы при их отсутствии. Это называется «парниковым эффектом», потому что стекло парника действует подобным же образом, пропуская видимый свет Солнца и удерживая внутри инфракрасное излучение.

Предположим, что по какой-то причине содержание углекислого газа в атмосфере немного повысилось. Допустим, оно удвоилось до 0,06 процента. Это не повлияет на возможность дышать атмосферным воздухом, и мы ничего не узнаем о самом изменении, но лишь о его последствиях. Атмосфера с таким содержанием углекислого газа будет все же менее прозрачна для инфракрасного излучения. Поскольку инфракрасное излучение будет задерживаться, средняя температура на Земле слегка поднимется. Немного более высокая температура увеличит испарение океанов, поднимет уровень водяного пара в воздухе, и это также будет способствовать усилению парникового эффекта.

Предположим, с другой стороны, что содержание углекислого газа в атмосфере слегка понизилось, с 0,03 процента до 0,015 процента. Теперь инфракрасное излучение исчезает легче и температура на Земле слегка понижается. При более низкой температуре уменьшается содержание водяного па-

ра, добавляя свою долю к ослаблению парникового эффекта. Такие повышения или падения температуры тоже могут быть достаточными для того, чтобы начать или закончить период оледенения.

Но что может вызвать такие изменения концентрации углекислого газа в атмосфере? Животная жизнь производит углекислый газ в большом количестве, но жизнь растительная потребляет его в эквивалентном количестве, и эффект жизни в целом в том и состоит, что она поддерживает баланс (Это не вполне верно в отношении той части жизни, которая включает в себя человеческую деятельность. Я вернусь к этому позже). Существуют, однако, естественные процессы, которые производят или потребляют углекислый газ независимо от жизни, и они могут балансировать равновесие в достаточной степени для того, чтобы запустить этот механизм.

Например, значительная часть углекислого газа, находящегося в атмосфере, может раствориться в океане, но углекислый газ, растворенный в океане, может быть легко снова отдан в атмосферу. Углекислый газ способен также реагировать с окислами коры Земли и образовывать карбонаты, из которых двуокись углерода скорее всего, никуда уже не денется.

Конечно, открытые воздуху части земной коры уже поглотили то количество двуокиси углерода, которое могли. Однако в периоды горообразования новые породы достигают поверхности, то есть породы, которые не были открыты для

доступа углекислого газа, и они могут действовать как среда, поглощающая углекислый газ, снижая его концентрацию в атмосфере.

С другой стороны, большое количество углекислого газа извергают в атмосферу вулканы, поскольку высокая температура, расплавляющая камни в лаву, расщепляет карбонаты и освобождает двуокись углерода. В периоды необычно высокой вулканической активности содержание в атмосфере углекислого газа может повышаться.

Как вулканическая деятельность, так и горообразование являются, как я уже говорил, результатом движения тектонических плит, но существуют периоды, когда условия более благоприятны для вулканической активности, чем для горообразования, и наоборот, когда условия более благоприятны для горообразования.

Вполне возможно, что когда горообразование в истории Земли проявлялось более ярко, содержание углекислого газа в атмосфере снижалось, температура на поверхности Земли падала, и ледники начинали наступать. Когда же активизировалась вулканическая деятельность, содержание углекислого газа повышалось, поднималась температура поверхности Земли, и ледники, если они были, начинали отступать.

И, наконец, чтобы показать, что не все так просто, как порой кажется, еще одна возможность. Если вулканическое извержение оказывается особенно сильным, в стратосферу может быть поднято большое количество пыли, и это способно



послужить причиной такого количества «лет без лета», как было в 1816 году, что в свою очередь может запустить механизм наступления ледникового периода.

По вулканическому пеплу в океанских отложениях можно заключить, что вулканическая деятельность в последние 2 миллиона лет была примерно в четыре раза интенсивнее, чем за предыдущие 18 миллионов лет. Может быть, как раз сейчас пыльная стратосфера и подвергает Землю своим периодическим оледенениям.

## **Орбитальные вариации**

Пока возможные спусковые механизмы оледенения и деоледенения, которые я описал, не являются вполне достоверными факторами предсказания будущего.

Мы недостаточно хорошо знаем, каковы правила, управляющие слабыми изменениями в солнечной радиации. Мы не вполне осведомлены и о том, что нас ждет впереди, в отношении столкновений с космическими облаками. Мы, конечно, также не можем предсказывать характер вулканических извержений и горообразования.

Существует, однако, предположение, согласно которому наступление и уход ледниковых периодов столь же регулярны и столь же неизбежны, как смена времен года в годовом цикле.

В 1920 году югославский физик Милутин Миланкович

предположил, что существует большой погодный цикл, связанный с небольшими периодическими изменениями орбиты Земли и наклонного положения ее оси. Он выдвинул идею «Великих зим», в течение которых имеют место ледниковые периоды, и «Великих лет», которые представляют собой межледниковые периоды. Между ними предполагались, соответственно, «Великая весна» и «Великая осень».

В то время теория Миланковича привлекла не больше внимания, чем теория Вегенера о дрейфе континентов, но дело в том, что изменения орбиты Земли существуют. Например, орбита Земли не абсолютно круглая, а слегка эллиптическая, с Солнцем в одном из фокусов эллипса. Это означает, что расстояние Земли от Солнца день ото дня слегка меняется. Существует время, когда Земля находится в «перигелии», то есть ближе всего к Солнцу, и существует время, когда Земля находится в «афелии», то есть дальше всего от Солнца.

Разница невелика. Орбита настолько слабо эллиптическая (эллипс малой эксцентricности), что если ее начертить в масштабе, то на глаз ее нельзя отличить от круга. Несмотря на это, малая эксцентricность в 0,01675 означает, что в перигелии Земля находится от Солнца на расстоянии 147 миллионов километров, а в афелии – в 152 миллионах километров. Разница в расстоянии составляет 5 миллионов километров.

Это большая величина по масштабам Земли, но вместе с

тем это разница только на 3,3 процента. Солнце в перигелии появляется по размеру чуть больше, чем в афелии, но недостаточно для того, чтобы это заметил кто-либо, кроме астрономов. Также и сила гравитации в перигелии немного сильнее, чем в афелии, так что в перигелиевой половине орбиты Земля движется быстрее, чем в афелиевой Головине, и времена года тоже не точно равны по длительности, и это тоже остается не замеченным обычным человеком.

И, наконец, это означает, что в перигелии мы получаем от Солнца больше радиации, чем в афелии. Радиация, которую мы получаем, изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, так что, оказывается, Земля получает в перигелии на 7 процентов больше радиации, чем в афелии. Земля достигает своего перигелия 2 января каждого года и афелия – 2 июля. Так случилось, что 2 января – это меньше чем две недели после зимнего солнцестояния, в то время как 2 июля – меньше двух недель после летнего солнцестояния. Это означает, что, когда Земля в перигелии или близко к нему и получает больше тепла, чем обычно, в северном полушарии глубокая зима, а в южном полушарии самый разгар лета. Дополнительное тепло означает, что северная зима мягче, чем она была бы, будь орбита Земли круглой, в то время, как южное лето жарче. Когда Земля находится в афелии или близко к нему и получает меньше тепла, чем обычно, в северном полушарии разгар лета, а южное полушарие в глубокой зиме. Недостаток тепла означает, что северное ле-

то холоднее, чем оно было бы, будь орбита Земли круглой, в то время как южная зима холоднее.

Отсюда мы видим, что эллиптичность орбиты Земли дает северному полушарию, кроме тропиков, менее экстремальные колебания между летом и зимой, чем южному полушарию, кроме тропиков.

Может показаться, что северное полушарие не предрасположено к ледниковому периоду, в то время как южное – предрасположено, но это неверно. На самом деле именно мягкая зима и прохладное лето – менее экстремальные колебания – предрасполагают полушарие к ледниковому периоду.

В конце концов, зимой идет снег, поскольку температура ниже точки замерзания воды и при условии, что в воздухе имеется избыточная влага. Температура опускается ниже точки замерзания, но снега выпадет меньше, потому что чем ниже температура, тем меньше влаги может содержать воздух. Максимальное количество выпавшего снега приходится на более мягкие зимы, когда температура не слишком часто опускается ниже точки замерзания.

Количество снега, тающего летом, зависит, конечно, от температуры. Чем жарче лето, тем больше тает снега, и чем прохладнее лето, тем меньше тает снега. Отсюда следует, что раз у нас мягкие зимы и прохладные лета, то у нас много снега и его меньше тает, а это как раз то, что нужно для начала ледникового периода.

И все же ледникового периода сейчас в северном полушарии нет, хотя у нас мягкие зимы и прохладные лета. Возможно, что перепады все-таки еще слишком экстремальны, и что существуют другие факторы, которые могут действовать так, что делают зимы еще более мягкими, а лета более прохладными. Например, в настоящий момент ось Земли отклонена от вертикали примерно на  $23,5^\circ$ . При летнем солнцестоянии 21 июня северный конец оси наклонен в направлении Солнца. При зимнем солнцестоянии 21 декабря северный конец оси наклонен в направлении от Солнца.

Ось Земли, однако, не остается наклоненной в том же самом направлении постоянно. Из-за влияния Луны на экваториальную выпуклость Земли ось Земли медленно колеблется. Она остается наклоненной, но направление наклона совершает круг каждые 25 780 лет. Это называется «предварение равноденствия».

Примерно через 12 890 лет от нашего времени ось Земли будет смещена в противоположном направлении, так что, если это будет единственным изменением, летнее солнцестояние наступит у нас 21 декабря, а зимнее солнцестояние – 21 июня. Летнее солнцестояние окажется тогда в перигелии, и северное лето станет жарче, чем сейчас. Зимнее солнцестояние окажется в афелии, и северная зима станет холоднее, чем сейчас. Другими словами, ситуация окажется противоположной той, что в настоящее время. Северное полушарие получит холодные зимы и жаркие лета, а южное – мягкие зи-

мы и прохладные лета.

Существуют и другие факторы. Точка перигелия медленно движется вокруг Солнца. Каждый раз, когда Земля совершает оборот вокруг Солнца, она достигает точки перигелия немного в другом месте и немного в другое время. Перигелий (и афелий тоже) совершают полный круг вокруг Солнца приблизительно за 21 310 лет. Каждые 58 лет перигелий сдвигается на один день по нашему календарю.

Но и это еще не все. Один из эффектов влияния различных гравитационных сил на Землю является причиной колебания наклонной оси, изменения наклона по величине. В 1979 году осевой наклон составляет  $23,44229^\circ$ ; но в 1900 году он был  $23,45229^\circ$ , а в 2000 году будет  $23,43928^\circ$ . Как видите, наклон оси уменьшается, но уменьшаться он будет только до последнего приведенного значения, а потом будет снова увеличиваться, потом опять уменьшаться и так далее. Но он никогда не становится менее примерно  $22^\circ$  и никогда более примерно  $24,5^\circ$ . Длительность цикла составляет 41 000 лет.

Меньший наклон оси означает, что как северный, так и южный полюса Земли получают меньше солнца летом и больше зимой. Результатом являются более мягкие зимы и более прохладные лета для обоих полушарий.

Наконец, орбита Земли становится то более, то менее эксцентричной. Эксцентricность, которая сейчас составляет 0,01675, уменьшается и в конечном счете достигнет мини-

мального значения 0,0033, или только 1/5 своего настоящего значения. В то время Земля будет только на 990 000 километров ближе к Солнцу в перигелии, чем в афелии. Затем эксцентricность опять начнет увеличиваться до максимума 0,0211, или в 1,6 раза больше ее настоящего значения. Тогда Земля будет в перигелии на 6 310 000 километров ближе к Солнцу, чем в афелии. Чем меньше эксцентricность и чем круглее орбита, тем меньше разница в количестве тепла, которое Земля получает от Солнца в разные врем! на года. Это приводит к ситуации «мягкая зима – прохладное лето».

Если учитывать все эти вариации в орбите Земли и наклоне ее оси, то в целом представляется, что тенденция к мягким временам года и экстремальным временам года меняется, грубо говоря, каждые 100 000 лет.

Другими словами, каждый «Великий сезон» Миланковича длится около 25 000 лет. Мы, кажется, прошли сейчас «Великую весну» отступающих ледников и нас ожидает «Великое лето», «Великая осень» и примерно через 50 000 лет «Великая зима» – ледниковый период. Тем не менее, верны ли все эти выкладки? Вариации в орбите и в наклоне оси маленькие, и разница между холодной зимой – жарким летом и мягкой зимой – прохладным летом реально незначительна. Достаточно ли эта разница?

Проблемой занялись трое ученых: Дж. Д. Хейс, Джон Имбри и Н. Дж. Шеклтон, – и полученные ими результаты были опубликованы в декабре 1976 года. Они работали с длинны-

ми стержнями донных осадков, извлеченными из двух разных мест в Индийском океане. Места находились далеко от суши, чтобы не было материала, смытого с побережья, который бы исказил показания. Места были также относительно мелкие, но такие, чтобы не было материала, смытого с менее глубоких районов.

Осадок, как полагали, был нетронутым материалом, лежащим на месте из века в век, и длина извлеченного стержня «простиралась» примерно на 450 000 лет назад. Была надежда обнаружить изменения вдоль стержней, которые будут настолько же выраженными, как изменения в годовых кольцах деревьев, позволяющих определить лета сухие и лета влажные.

Одно изменение было связано с крошечной радиолярией, которая обитала в океане в течение всего изучаемого полумиллиона лет. Это простейший одноклеточный животный организм с очень маленьким хорошо развитым скелетом, который после гибели особи опускается на дно, как своего рода ил. Существует много разновидностей радиолярий, некоторые из них процветают при более теплых условиях, чем другие. Их легко отличить друг от друга по скелету, и поэтому можно, миллиметр за миллиметром проходя вдоль стержня осадков и изучая скелеты радиолярий, установить по ним, какая вода была в океане в каждое данное время – теплая или холодная. Таким путем можно построить фактическую кривую температуры океанской воды во времени.



Изменение температуры воды в океане во времени можно также установить путем определения отношения в различное время двух разновидностей атомов кислорода: кислорода-16 и кислорода-18. Вода, содержащая в своих молекулах кислород-16, испаряется легче, чем вода, содержащая кислород-18.

Это означает, что дождь или снег, выпадающие на землю, состоят из молекул, более богатых кислородом-16 и более бедных кислородом-18, чем океанская вода. Если большое количество снега выпадает на землю и сковывается в ледниках, то остающаяся в океанах вода страдает значительным дефицитом кислорода-16, в то время как содержание в ней кислорода-18 увеличивается. Оба метода суждения о температуре воды (и преобладании льда на суше) дали идентичные результаты, хотя они принципиально различны. Более того, цикл, построенный по этим двум методам, оказался очень похожим на цикл, рассчитанный по изменениям орбиты Земли и наклона ее оси.

Поэтому в настоящий момент и в ожидании дальнейших свидетельств этого представляется, что идея Миланковича о «Великих сезонах» выглядит неплохо.

(Сейчас ученые склоняются к мысли, что идет глобальное потепление, и даже быстрее, чем предполагалось настоящее «Великое лето». Весной 1999 года установили, что почти 1/3 Гренландии освободилась от вечных льдов, с самолета даже невооруженным глазом видно, что обнажились скалы и озе-

ра. В результате потепления на рубеже веков участились ураганные ветры, проливные дожди, обильные снегопады, наводнения, землетрясения и извержения вулканов).

## **Северный ледовитый океан**

Если ледниковые периоды сопутствуют «Великим сезонам», то можно точно предсказать, когда начнется следующий ледниковый период. Он должен наступить через 50 000 лет.

Но не следует полагать, что причина ледникового периода в природе естественна. Может существовать не одна способствующая причина. Например, изменения орбиты и положения оси могут установить основной период, но другие факторы способны корректировать его. Изменение солнечной радиации, запыленности космоса между Солнцем и Землей или содержания углекислого газа в атмосфере могут по отдельности или вместе воздействовать на цикл, усиливая его в одних случаях и противодействуя в других.

Если два и более эффекта совпадают, ледниковый период может быть более суровым, чем обычно. Если орбитальным и осевым изменениям противодействует необычно ясный космос, необычно высокое содержание углекислого газа или необычно пятнистое Солнце, то ледниковый период может быть необычно мягким или вообще пропущен.

В настоящем случае мы имеем основания бояться самого

худшего, поскольку через 50 000 лет мы не только достигнем Великой зимы, но мы также (как я говорил ранее в этой главе) можем войти в космическое облако, которое ослабит достигающую нас солнечную радиацию.

Однако мы тут совершенно отвлекаемся от главного. В конце концов, орбитально-осевые колебания должны продолжаться с абсолютной регулярностью, поскольку Солнечная система существует в своей настоящей структуре. В течение всей жизни должны были быть и ледниковые периоды каждые сто тысяч лет.

И вдруг оказывается, что ледниковые периоды были присущи только последнему миллиону лет. До того, в течение примерно 250 миллионов лет, по-видимому ледниковых периодов не было вообще. Не исключено даже, что существуют последовательные периоды ледниковых периодов, скажем, в несколько миллионов лет отделенные друг от друга интервалами в четверть миллиарда лет.

Но почему интервалы? Почему в течение этих длительных интервалов не было ледниковых периодов, хотя орбитально-осевые колебания происходили и тогда точно так же, как они происходят сейчас? Причина может быть в конфигурации расположения суши и океанов на поверхности Земли.

Если бы полярный район состоял из обширного морского пространства, было бы несколько миллионов квадратных километров морского льда, не очень толстого, окружающего полюс. Морской лед был бы толще и более обширным зимой,

тоньше и менее обширным летом.

В конце ледникового периода, обусловленного орбитально-осевым колебанием, морской лед был бы в общем толще и более обширным зимой и летом, но не намного больше. В конце концов существуют океанские течения, которые постоянно приносят более теплую воду в высокие широты из умеренных и тропических регионов, и это создает тенденцию смягчать полярную погоду даже в течение ледникового периода.

С другой стороны, если бы полярный регион состоял из континента с полюсом более или менее в его центре и с несломанным льдом на море вокруг него, мы полагаем, что и континент был бы покрыт толстой шапкой льда, который бы не таял в течение очень прохладного лета и накапливался из года в год.

Но, конечно, лед бы не накапливался вечно, так как под влиянием значительного веса он течет, как доказал полтора века назад Агассиз. Лед постепенно стекает в окружающий океан, разламываясь на громадные айсберги. Айсберги вместе с морским льдом плавали бы вокруг полярного континента и, когда они дрейфовали бы в направлении более умеренных широт, постепенно бы таяли. В ледниковый период айсберги бы приумножались, в межледниковые периоды их количество бы уменьшалось, но изменение не было бы большим. Окружающий океан, благодаря океанским течениям, поддерживал бы свою температуру на уровне, очень близком

к нормальному, будь то ледниковый период или нет.

Подобная ситуация существует на Земле, поскольку Антарктика покрыта толстой шапкой льда, и океан, окружающий ее, полон айсбергов. Антарктика, однако, имеет эту ледовую шапку приблизительно 20 миллионов лет, и едва ли на ней сказывалось наступление или отступление ледниковых периодов.

Предположим, однако, что у вас есть полярный океан, не очень обширный. Предположим, у вас маленький, почти замкнутый сушей океан, такой, как Северный Ледовитый. Северный Ледовитый океан не больше Антарктиды, и он почти весь окружен огромными континентальными массами Евразии и Северной Америки. Единственная значительная связь Северного Ледовитого океана с остальными водами мира – это пролив в 1600 километров шириной между Гренландией и Скандинавией, и даже тот частично блокируется островом Исландия.

Именно северные земли составляют все различие, тот дополнительный снег, который во время мягкой зимы, во время пуска механизма ледникового периода выпадает на сушу, а не в океан. В океане снег бы просто таял, потому что вода имеет большую теплоемкость и потому что, даже если скапливающийся снег и был бы способен понизить температуру океана до точки замерзания, водные течения из более теплых краев предотвращали бы это.

На суше, однако, положение снега лучше. Суша имеет бо-

лее низкую теплоемкость, чем вода, так что она остывает гораздо быстрее под тем же количеством снега.

Более того, тут нет никаких течений, чтобы улучшить положение, так что земля как следует застывает. Затем если летом недостаточно тепла, чтобы растопить весь снег, снег превращается в лед и ледники начинают свой марш.

Наличие больших массивов суши, имеющихя вокруг Северного полюса, обеспечивает огромную площадь для снега и льда, а Северный Ледовитый океан (особенно до наступления ледникового периода, покроящего его морским льдом) является источником влаги. Распределение океана и континентов в северном полушарии как раз такое, чтобы максимально ужесточить ледниковый период.

Но распределение океана и континентов в северном полушарии не является постоянным. Оно меняется в результате тектонических подвижек.

Отсюда следует, что пока поверхность Земли распределяется таким образом, что полярные районы являются либо открытым океаном, либо изолированным континентом, окруженным океаном, – нет места ледниковым периодам. И только когда движущиеся плиты случайно создают такое распределение суши и океана, какое существует в северных полярных регионах сегодня, орбитально-осевой цикл приносит тот тип ледниковых периодов, с которым мы знакомы. Это происходит только один раз за 250 миллионов лет.

Но мы существуем сегодня, и, несомненно, распределе-

ние континентов в течение последующего миллиона лет существенно не изменится, так что нас ожидает не один, а целый ряд ледниковых периодов.

## Эффект оледенения

Предположим, что ледниковый период уже наступил. Насколько это страшное бедствие? В конце концов, миллион лет ледники приходили и уходили, а мы вот продолжаем существовать. Пожалуй, забудем думать об этом, ведь ледники ползут очень медленно. Им требуются тысячи лет, чтобы продвинуться. И удивительно, насколько малые изменения претерпевают существенные части мира даже в стадии максимума оледенения.

В настоящее время существует 25 миллионов кубических километров льда, покоящегося на различных поверхностях суши, главным образом в Гренландии и в Антарктике. На вершине пика оледенения существовал чудовищный ледовый пласт, покрывавший северную половину Северной Америки, и меньшие ледовые пласты в Скандинавии и северной Сибири. В то время на суше находилось примерно 75 миллионов кубических километров льда. Это означает, что на верхнем пике оледенения 50 миллионов кубических километров воды, которые сейчас в океане, находились на суше.

Вода, вычтенная из океана, чтобы напитать ледники, составляла, однако, даже на верхнем пике оледенения всего 4

процента от ее общего количества. А это означает, что даже в то время 96 процентов воды находилось именно там, где находится сейчас.

Следовательно, с точки зрения пространства морская жизнь не ощущала заметного сужения среды обитания. Конечно, океанская вода в среднем была, наверное, несколько холоднее, чем сейчас, но что из того? Холодная вода растворяет больше кислорода, чем теплая, а морская жизнь в такой же степени зависит от кислорода, как и мы. Вот почему полярные воды намного богаче жизнью, чем тропические, и вот почему полярные воды могут поддерживать жизнь гигантских млекопитающих, которые питаются морской живностью, – таких, как большие киты, белые медведи, морские слоны и так далее.

Если в течение ледникового периода океанская вода была холоднее, чем сейчас, на самом деле это лишь подстегнуло жизнь. Может быть, как раз сейчас жизнь в море несколько ущемлена, а не тогда.

Иной была ситуация на суше, и может показаться, что она была бедственной. В настоящий момент 10 процентов суши покрыто льдом. На верхнем пике оледенения площадь оледенения была в три раза больше – 30 процентов нынешней поверхности Земли было покрыто льдом. Это означает, что площадь, предоставленная жизни на суше, была снижена примерно с 117 миллионов квадратных километров, свободных ото льда, по крайней мере летом, до не более чем 90



миллионов квадратных километров. И все же это не вполне верная картина того, что тогда могло быть фактически.

На верхнем пике оледенения потеря 4 процентов воды из океана означает падение уровня моря примерно на 150 метров. Это не изменило бы сильно сам океан, но вокруг континентов по краям океана находятся отмели с небольшими глубинами. Эти отмели с глубинами менее 180 метров называются континентальным шельфом». Когда уровень моря падает, континентальный шельф мало-помалу появляется из воды и открывается для вторжения жизни с суши.

Другими словами, когда ледники продвигаются и покрывают сушу, уровень моря падает и открывает новую сушу. Эти явления могут в значительной степени уравниваться. Поскольку ледники движутся крайне медленно, растительность медленно продвигается впереди ледников на юг и на оголившиеся континентальные шельфы, животная жизнь, естественно, следует за растительной.

Когда продвигаются ледники, штормовые пояса также отступают в южном направлении, принося дожди в более теплые края Земли, которые не получали их раньше (и тех пор – тоже). Короче говоря, то, что сейчас – пустыня, не было пустыней в ледниковый период. До послед него отступления ледников нынешняя Сахара была плодородными луго-пастбищными угодьями.

И общая площадь суши, открытой обильному насыщению различными видами жизни, как это ни парадокально была на

пике ледникового периода больше, чем сейчас и этот парадокс мы аргументируем оголением континентальных шельфов и сокращением пустынь. Во время последнего ледникового периода люди – не наши человекообразные предки, а собственно *Homo sapiens*, процветали, они переселялись на юг по мере продвижения ледников, а по мере их отступления – на север.

Каким же будет грядущий ледниковый период? Предположим, ледники начнут свое новое наступление сейчас. Насколько это будет бедственно?

Конечно, человечество сейчас менее мобильно, чем было. В последний ледниковый период общая численность людей, была около 20 миллионов, сейчас на Земле 4 миллиарда (Сейчас, в 2000 году, более 6 миллиардов) человек, то есть в двести раз больше. 4 миллиардам человек перемещаться труднее, чем 20 миллионам.

Рассмотрим также изменения в стиле жизни. Во время последнего ледникового периода люди не были ни в коей мере привязаны к земле. Они были собирателями пищи и охотниками за пищей. Они следовали за растениями и животными, и все места были для них похожими, поскольку они могли найти фрукты, орехи, ягоды и дичь.

С тех пор люди научились быть фермерами и рудокопами. Фермы и шахты нельзя сдвинуть с места. Нельзя сдвинуть с места и многочисленные сооружения, которые воздвигли люди, города, туннели, мосты, дороги, линии электропере-

дач и так далее. Ничего этого сдвинуть нельзя, это может быть только оставлено, и где-нибудь еще возведено новое.

Тем не менее не забывайте, насколько медленно ледники надвигаются и отступают и насколько медленно в результате опускается и поднимается уровень моря. Будет масса времени для того, чтобы передвижение произошло без бедствий. Мы можем представить себе человечество, медленно продвигающимся на юг и на континентальные шельфы, затем вглубь суши, и опять на север, и так поочередно много раз в течение всего времени, пока продолжает существовать нынешняя конфигурация континентов вокруг Северного полюса. Это – как бы своего рода выдох в течение 50 000 лет, затем – как бы вдох за следующие 50 000 лет и так далее.

И это не будет равномерным движением, поскольку ледники наступают с интервалами частичного отступления и отступают с интервалами частичного наступления; а люди будут следовать этим нюансам наступления и отступления, ведь все они достаточно медленные.

Изменения в окружающей среде – это не обязательно только движение ледников. Пока что отступление ледников последнего ледникового периода не является абсолютным. Остается ледовая шапка Гренландии, нарастающий остаток ледникового периода. Что если впереди «Великое лето», климат смягчится и растает лед на Северном полюсе и ледовая шапка Гренландии?

Ледовая шапка Гренландии содержит 2,6 миллиона куби-

ческих километров льда. Если и меньшие пласты льда на некоторых других полярных островах растают и волеются в океан, уровень моря поднимется примерно на 5,5 метра. Это, конечно, будет неприятностью для некоторых наших прибрежных районов и в особенности для низко расположенных городов; такие, например, как Новый Орлеан, будут просто затоплены (В России такая же участь постигла бы Санкт-Петербург и многие другие прибрежные города). Опять же если таяние будет происходить достаточно медленно, и уровень моря соответственно подниматься, то можно представить себе прибрежные города, медленно оставляющие линию берега и безо всяких бедствий отступающие на более высокие места.

Предположим, что по каким-то причинам слой льда Антарктики тоже растает. Это маловероятно по естественному ходу вещей, потому что этот лед пережил все межледниковые периоды прошлого, – но предположим! Поскольку 90 процентов льда на Земле располагается в Антарктике, то, если он растает, уровень моря поднимется в сумме с тем, что растаяло в Гренландии, в десять раз больше. Уровень моря поднимется примерно на 55 метров, и вода достигнет восемнадцатого этажа небоскребов Нью-Йорка. Низко расположенные края нынешних континентов окажутся под водой. Штат Флорида и многие другие штаты залива исчезнут, также исчезнут Британские острова, Нидерланды, Северная Германия и так далее.

Однако климат Земли станет более равномерным и не будет ни полярных земель, ни пустынь. И опять же, территория, пригодная для обитания человечества, останется такой же большой, как и раньше, и, если изменение будет достаточно медленным, даже таяние льдов Антарктики не станет ужасным бедствием.

Однако, если наступление следующего ледникового периода или таяние льдов Антарктики отодвинется хотя бы на десять тысяч лет, ничего этого не случится. Передовая технология человечества вполне способна видоизменить пусковой механизм ледникового периода и сохранить средние температуры Земли на обычном Уровне, если это будет желательным.

Например, в ближнем космосе можно разместить зеркала (В феврале 1999 года американской ракетой было отправлено на орбиту космическое зеркало из пленки диаметром 25 метров. «Развернутом виде оно должно было давать отраженный свет сильнее света Луны в полнолуние. О результатах эксперимента нам неизвестно.), направленные таким образом, чтобы отражать солнечный свет, который минует Землю, и направлять его на ночную поверхность Земли или при необходимости отражать солнечный свет, который обычно падает на дневную поверхность Земли, не давая ему достичь земной поверхности. Таким способом Землю можно слегка нагревать, если угрожают ледники, или слегка охлаждать, если угрожает таяние льда (Сходные сооружения, ес-

ли люди удосужатся взять на себя такой труд, могут послужить и для того, чтобы сохранить Землю обитаемой еще на несколько десятков тысяч лет после того, как постепенно разогревающееся Солнце может сделать ее необитаемой.).

Опять же, мы можем разработать методы влияния на концентрацию углекислого газа в атмосфере Земли и действовать с помощью этих методов таким образом, чтобы сохранять тепло, если будут угрожать ледники, и выпускать его с Земли, если будет угрожать таяние льда.

Наконец, когда все больше и больше населения Земли переберется в космические поселения, приход и уход ледников станут менее опасны для человечества в целом.

Короче: ледниковые периоды, как они возникали в прошлом, могут не быть катастрофическими в будущем, они могут даже не быть бедственными. Они могут и не возникнуть благодаря технологии человечества.

Но что если ледники подойдут неожиданно и с беспрецедентной скоростью, или если запас льда Земли неожиданно растает до того, как мы будем к этому готовы в технологическом плане?

Тогда нас может ожидать огромное бедствие или даже катастрофа, и существуют условия, при которых это могло бы произойти, о чем я расскажу ниже.

# 11. Перемещение магнетизма

## Космические лучи

Различные катастрофы, которые происходили на Земле, будь то ледниковые периоды или землетрясения, никогда не были достаточно сильными, чтобы стереть с поверхности планеты жизнь, как предполагал Кювье и другие катастрофисты несколько веков назад, но все же бывало так, что жизнь несла значительный урон. По окончании Пермского периода, 225 миллионов лет назад, за сравнительно короткий период времени прекратили свое существование примерно 75 процентов семейств земноводных и 80 процентов семейств рептилий, которые проживали в Пермский период. Некоторые называют это «великим умиранием».

После того, по-видимому, было еще шесть таких великих умираний. Время, наиболее часто обозначаемое этим выражением, относится к концу Мелового периода – это около 70 миллионов лет назад. В то время после процветания в течение почти 150 миллионов лет полностью вымерли динозавры. Также вымерли и другие рептилии, – ихтиозавры, плезиозавры и летающие птерозавры. Из беспозвоночных вымерли аммониты, которые были большой и процветающей группой. Собственно, тогда исчезло до 75 процентов живот-

ных, и, по-видимому, за сравнительно короткое время.

Представляется вероятным, что такие великие умирания были результатом некоторого заметного и сравнительно неожиданного изменения в окружающей среде, но это было такое изменение, которое оставило в живых большое количество особей, насколько мы можем судить, едва затронутых этим изменением.

Особенно логично объяснение о мелководных морях, которые время от времени вторгались на континенты и время от времени исчезали. Вторжение может происходить, когда ледовая нагрузка на полярные земли особенно низка, а исчезновение может иметь место в период горообразования, когда средняя высота континентов над уровнем моря возрастает. Во всяком случае мелководные внутриконтинентальные моря предоставляют благоприятные условия для морских животных, а они в свою очередь представляют собой стабильный и богатый запас пищи для других животных, которые живут на берегах. Когда внутренние моря исчезают, то как сами морские животные, так и на земные животные, жизнь которых зависит от них, естественно, вымирают (Хорошо известные нам Аральское и Каспийское моря быстро «усыхают» на глазах у трех поколений. Возможно, они, как и ледники Гренландии, тоже являются остатками не до конца отступившего ледникового периода).

В пяти из семи случаев великих умираний за последнюю четверть миллиарда лет причиной, по-видимому, было ис-



чезновение морей. Это объяснение подтверждается также тем, что морские животные, по всей видимости, более подвержены великим умираниям, чем животные наземные, и что растительный мир, по-видимому, едва ли вообще подвержен этим умираниям.

Усыхание морей, может быть, наиболее логичное и разумное объяснение проблемы (объяснение, не содержащее в себе никаких ужасов для людей, которые не живут во внутриконтинентальных морях, но живут в мире, где нет значительных внутриконтинентальных морей) среди многих других предположений, которые выдвигались для объяснения великих умираний. Одно из таких предположений, хотя и маловероятное, отличается своей драматичностью. Более того, оно приводит нас к новому типу катастроф, который мы еще не рассматривали и который может угрожать человечеству. Это предположение связано с радиацией из космоса, поступающей не от Солнца.

В первые годы двадцатого века была обнаружена радиация, причем даже более проникающая и энергетичная, чем чуть ранее открытая радиоактивность. В 1911 году австрийский физик Виктор Фрэнсис Гесс (1883—1964), чтобы удостовериться, что эта проникающая радиация поступает от Земли, направил регистрирующие радиацию приборы на воздушных шарах на высоту 9 километров. Он ожидал, что уровень радиации там будет меньше, потому что отчасти ее должен был поглотить воздух между поверхностью земли и

поднятыми на высоту приборами.

Оказалось наоборот, интенсивность проникающей радиации увеличилась с высотой настолько, что стало ясно: она поступает из внешней Вселенной, из космоса. С легкой руки американского физика Роберта Эндрюса Милликена (1863—1953) этой радиации было дано название – «космические лучи». В 1930 году американский физик Артур Холли Комптон (1892—1962) доказал, что космические лучи – это очень энергетичные положительно заряженные частицы. Тогда стало понятным, что является источником космических лучей.

Солнце и, предположительно, все звезды претерпевают процессы, которые достаточно энергетичны для того, чтобы выпрыснуть в пространство частицы. Эти частицы, большей частью, – атомные ядра. Поскольку Солнце в основном состоит из водорода – ядра водорода, которые представляют собой простые протоны, являются наиболее частыми среди этих частиц.

Эти энергетичные, то есть несущие энергию протоны и другие ядра идут от Солнца потоками во всех направлениях и представляют собой солнечный ветер, о котором я упоминал ранее.

Когда в Солнце происходят особенно мощные процессы, частицы выбрасываются с большей энергией. Когда на солнечной поверхности образуются большие «вспышки», в солнечный ветер включаются и очень энергетичные частицы, но

в нем могут содержаться частицы и низких даже для космических лучей уровней энергии (о которых говорят, как о «мягких космических лучах»).

Другие звезды тоже посылают звездные ветры, и эти звезды, которые массивнее и горячее Солнца, посылают более энергетичные ветры, более богатые частицами с высоким уровнем энергии. В особенности это относится к сверхновым.

Частицы космических лучей, будучи электрически заряженными, искривляют свой путь при прохождении магнитного поля. Все звезды имеют магнитные поля, и Галактика в целом тоже. Частицы космических лучей следуют сложными искривленными путями, в процессе движения ускоряются магнитными полями, которые проходят, и в результате приобретают еще больше энергии.

В конечном счете все межзвездное пространство в пределах нашей Галактики насыщено частицами космических лучей, идущими во всех направлениях. Определенный, очень маленький их процент обязательно и по чистой случайности попадает на Землю и попадает со всех возможных направлений.

Тут у нас появляется новый тип вторжения из открытого космоса, который мы еще не рассматривали. Ранее я указывал, насколько невероятно, чтобы Солнечная система столкнулась с какой-нибудь звездой или через нее прошли бы даже маленькие куски вещества, пришедшие из других плане-

тарных систем. Упоминал я и о частицах пыли, и об атомах из межзвездных облаков.

Теперь нам предстоит рассмотреть вторжение из космоса, извне Солнечной системы, мельчайших материальных объектов – субатомных частиц. Их настолько много, они распределены по космосу настолько плотно и передвигаются со скоростью, настолько близкой к скорости света, что Земля подвергается ими постоянной бомбардировке.

Однако космические лучи не оставляют никаких меток на Земле, и мы не знаем об их появлении. Только ученые с их специальными приборами могут обнаруживать космические лучи, и то лишь в пределах жизни двух последних поколений.

Кроме того, космические лучи попадают на Землю в течение всей истории жизни на нашей планете, и, по-видимому, Земля совсем не стала хуже от этого. Очевидно, и люди не страдали от этого в ходе всей истории. Поэтому может показаться, что мы имеем все основания исключить космические лучи как причину катастрофы, – и все же это не так.

## **ДНК и мутации**

Всякая живая клетка является крошечной химической фабрикой. Свойства определенной клетки, ее форма, ее структура и ее способности зависят от определенной природы происходящих в ней химических изменений, от скоро-

сти, с которой каждое из них происходит, и способа, которым они между собой связаны. Подобные химические реакции происходят очень медленно, если вещества, составляющие клетки и участвующие в реакциях, просто смешаны вместе. Чтобы реакции шли быстро и равномерно (как, по наблюдениям, это и происходит, и как необходимо для того, чтобы клетка могла жить), эти реакции должны направляться определенного рода комплексами молекул, называемыми «ферментами».

Ферменты принадлежат к классу веществ, называемых «протеинами»-. Протеины состоят из гигантских молекул, каждая из которых построена из цепей более мелких строительных блоков, называемых «аминокислотами». Эти аминокислоты выступают примерно в двадцати разновидностях и способны соединяться друг с другом в любом порядке.

Предположим, мы начнем с одной из этих двадцати аминокислот и каждую из них поставим с остальными во всех возможных сочетаниях. Общее количество сочетаний – около 50000000000000000000 (пятьдесят миллиардов миллиардов), и каждое отличается от другого расположением аминокислот, каждое представляет собой разные молекулы. Фактически молекулы ферментов состоят из сотни или более аминокислот, и число возможного комбинирования этих аминокислот неисчислимо велико. Однако определенная клетка будет содержать только определенное, ограниченное количество ферментов, и каждая молекула определенного

фермента будет иметь конструкцию аминокислотной цепочки, составленную из аминокислот в одном особом порядке.

Определенный фермент построен так, что определенные молекулы будут присоединяться к поверхности фермента таким образом, что взаимодействие между ними – включая перенос атомов – сможет происходить очень быстро. После взаимодействия измененные молекулы не будут больше держаться на поверхности. Они уходят, а другие молекулы присоединяются и вступают в реакцию. Именно в результате наличия нескольких молекул определенного фермента большие количества молекул реагируют друг с другом. В отсутствие фермента они бы не реагировали вообще<sup>8</sup>.

Что же из этого следует? А то, что форма, структура и свойства определенной клетки зависят от различной природы ферментов в этой клетке, от числа этих ферментов и способа, которым они производят свою работу. Свойства многоклеточного организма зависят от свойств клеток, которые его составляют, и от способа, которым взаимосвязаны отдельные клетки. В общем (конечно, это не так просто), все организмы, включая и человеческий, являются продуктом ферментов.

Но это представляется случайной зависимостью. Если

---

<sup>8</sup> Вот довольно похожая ситуация: вскидывают в воздух иголку и нитку по отдельности и надеются, что нитка сама собой вденется в иголку; или держат в одной руке иголку, в другой – нитку и неторопливо вдевают ее в иголку. Первое – это как реакция в клетке без фермента, а второе – та же самая реакция в клетке с ферментом.

конструкция фермента не имеет точного порядка аминокислот, он может оказаться неспособным исполнить свою работу. Поменяйте одну аминокислоту на Другую и фермент не послужит подходящим катализатором для реакции, которой он управляет.

Что же тогда образует ферменты так точно? Что следит за тем, чтобы устанавливался определенный порядок аминокислот для определенного фермента, и никакой другой? Существует ли в клетке какое-нибудь ключевое вещество, которое, содержит, так сказать, «программу» всех ферментов в клетке, направляя таким образом их изготовление?

Если такое ключевое вещество существует, оно должно быть в хромосомах. Это маленькие объекты внутри центрального ядра клетки, и ведут они себя так, словно несут в себе программу.

В различных видах организмов хромосомы присутствуют в разных количествах. У человека, например, каждая клетка содержит двадцать три пары хромосом.

Каждый раз, когда делится клетка, каждая хромосома делится на две хромосомы, каждая – точная копия другой. В процессе деления клетки одна из точных копий каждой хромосомы идет в одну клетку, другая точная копия – в другую клетку. Таким образом, каждая дочерняя клетка получает по двадцать три пары хромосом, причем оба набора пар являются идентичными. Это и указывает на то, что хромосомы несут в себе программу структуры ферментов.

Все организмы, кроме наиболее примитивных, вырабатывают половые клетки, задача которых состоит в том, чтобы образовывать новые организмы более сложным способом, чем простое деление клетки. Таким образом мужчины (и самцы большинства животных) вырабатывают клетки спермы, а женщины производят яйцеклетки. Когда клетка спермы соединяется с яйцеклеткой, «оплодотворяет» ее, результирующая комбинация может претерпеть повторные деления, пока не образуется новый, отдельно живущий организм.

Как яйцеклетки, так и клетки спермы имеют только половину обычного количества хромосом. Все яйцеклетки и все клетки спермы получают только по одной хромосоме от каждой из двадцати трех пар. Когда они сочетаются, оплодотворенная яйцеклетка имеет опять двадцать три пары хромосом, но одну в каждой паре от матери, одну – от отца. Таким образом потомство наследует свойства равным образом от обоих своих родителей, и хромосомы ведут себя так, словно несут в себе программу для приготовления фермента.

Но какова химическая природа этой предполагаемой программы?

Со времени открытия хромосом в 1879 году немецким анатомом Вальтером Флеммингом (1843—1905) имело место общее допущение, что программа, если она существует, это – протеин. Протеины, как известно, наиболее сложные вещества, существующие в тканях, а ферменты, как стало известно в 1926 году из работ американского биохими-



ка Джеймса Батчелора Самнера (1887—1925), собственно и есть протеины. Безусловно, именно протеин должен служить программой для конструирования других протеинов.

Однако в 1944 году канадский физик Освальд Теодор Авери (1877—1955) доказал, что молекулой программы является совсем не протеин, а молекула другого типа, называемая «дезоксирибонуклеиновая кислота», или сокращенно ДНК.

Это было большим сюрпризом, потому что полагали, что ДНК является простой молекулой, такой, которая совсем не подходит для того, чтобы служить программой для сложных ферментов. Более пристальное изучение ДНК, однако, показало, что это на самом деле сложная молекула, более сложная, чем протеины.

Как и молекула протеина, молекула ДНК состоит из длинных цепей простых строительных блоков. Строительный блок здесь называется «нуклеотидом», и одна молекула ДНК может быть построена цепями из многих тысяч нуклеотидов. Нуклеотиды представлены четырьмя разновидностями (не двадцатью, как протеины), и эти четыре разновидности могут быть сцеплены вместе в каком угодно порядке.

Возьмем три нуклеотида. Тогда будет 64 различных «тринуклеотида». Если пронумеровать нуклеотиды: 1, 2, 3 и 4, — получим тринуклеотиды: 1-1-1, 1-2-3, 3-4-2, 4-1-4 и так далее, всего 64 различных комбинаций. Один или более из этих тринуклеотидов могут соответствовать определенной

аминокислоте; некоторые могут обозначить «пунктуацию» – начало цепи аминокислот или ее окончание. Перевод триплетов молекулы ДНК в аминокислоты ферментной цепи называется «генетическим кодом».

Но это, просто заменяет одну проблему другой. Что позволяет клетке из неисчислимого количества молекул ДНК, которые могут существовать в принципе, строить определенную молекулу ДНК, которая приведет к построению молекулы определенного фермента?

В 1953 году американскому биохимику Джеймсу Дьюи Уотсону (р. 1928) и английскому биохимику Фрэнсису Г. К. Крику (р. 1916) удалось установить структуру молекулы ДНК. Она состояла из двух прядей, свитых в двойную спираль. (То есть каждая прядь имела форму винтовой лестницы, и обе пряди переплетались.) Каждая прядь в определенном смысле была противоположностью другой, так что они совершенно подходили друг к другу. В процессе деления клетки каждая молекула ДНК разматывалась на две отдельные пряди. Каждая прядь затем сама собой осуществляла построение второй пряди, которая совершенно ей подходила. Каждая прядь служила программой для своего нового партнера, и результат был таков, что там, где вначале существовала одна двойная спираль, образовывались две двойные спирали, каждая – точная копия другой. Процесс был назван «репликацией». Таким образом, раз существовала определенная молекула ДНК, она размножалась сама, точно сохра-

няя свою форму от клетки к дочерней клетке и от родителя к потомству.

Отсюда следует, что каждая клетка и, конечно, каждый организм, в том числе человеческий, имеет свою форму, свое строение, свою химию (до определенной степени даже свое поведение), в точности определяемые его ДНК. Оплодотворенная яйцеклетка одного вида организма не очень отличается от яйцеклетки организма другого вида, но молекулы ДНК в каждой существенно отличаются одна от другой. По этой причине человеческая оплодотворенная яйцеклетка будет развиваться в человеческое существо, а оплодотворенная яйцеклетка жирафа будет развиваться в жирафа, и никакая путаница тут невозможна.

Но так уж происходит, что передача молекул ДНК от клетки к дочерней клетке и от родителя к потомку не столь же совершенна, как все остальное. Опыт пастухов и фермеров говорит, что то и дело появляются животные или растения, которые далеко не во всем похожи на родительские организмы, В целом эти отличия невелики и иногда даже не особенно заметны. Иногда же отклонение настолько велико, что создает так называемую «разновидность» или «монстра». Научный термин для всех таких потомков с измененными характеристиками, экстремальными или незаметными – мутант, от латинского слова «мутация» – изменение.

Обычно ярко выраженные мутации вызывали тревогу и мутанты уничтожались. Однако в 1791 году массачусетский

фермер по имени Сэт Райт взглянул на мутацию более практично. У него в отаре овец родился ягненок с ненормально короткими ногами, и практичному янки пришлось в голову, что коротконогая овца не сможет убежать через низкую каменную ограду вокруг фермы. И с этого не совсем счастливого случая он принялся разводить коротконогих овец и помог людям вообще обратить внимание на мутацию. Однако только с 1900 года, с опубликования работ голландского ботаника Гуго Марие де Врие (1848—1935) мутации стала изучать наука.

Собственно, когда мутации не были особенно сильно выражены, не пугали и не вызывали отвращения, пастухи и фермеры давно заведенным порядком использовали их преимущества. Путем отбора из каждого поколения животных, которые казались наиболее подходящими для использования человеком – коров, дающих много молока кур, несущих много яиц, овец, дающих много шерсти, и так далее, – развивались породы, качества которых сильно отличались от тех диких особей, которые были приручены первоначально.

Это результат отбора маленьких и не очень значительных мутаций, которые, однако, как коротконогие овцы Райта, передаются по наследству. Отбирая мутацию за мутацией и все в одном направлении, человек, со своей точки зрения, «улучшает» породу. Если вспомнить о множестве разновидностей собак и голубей, мы можем представить, насколько искусно умеем изменять и создавать породы, тщательно под-

бирая пары, сохраняя одних отпрысков и выбраковывая других.

То же самое и гораздо легче может быть проделано с растениями. Американский садовод Лютер Бербанк (1849—1926) сделал успешную карьеру на выведении сотен новых разновидностей растений, усовершенствованных в том или ином отношении по сравнению со старыми, не только путем мутаций, но и направленным скрещиванием и прививками (В России огромная подобная работа проделана садоводом И. В. Мичуриным (1855—1935)).

То, что люди делают целенаправленно, слепые силы естественного отбора делают очень медленно, в течение веков. В каждом поколении отпрыски определенных особей из-за незначительных мутаций частично изменяются, изменения передаются от особи к особи. Те, чьи мутации позволяют участвовать в игре жизни более эффективно, имеют больше шансов выжить и передать эти мутации более многочисленным потомкам. Одна особь заменяет другую, и понемногу за миллионы лет из видов особей создаются новые.

Это – основная мысль теории эволюции путем естественного отбора, выдвинутая в 1858 году английским натуралистом Чарлзом Дарвином и Альфредом Расселом Уоллесом.

На молекулярном уровне мутации являются результатом несовершенного копирования ДНК. Оно может иметь место от клетки к клетке в процессе деления клеток. В этом случае в пределах организма может быть произведена клетка, кото-

рая непохожа на другие клетки. Это – «соматические мутации».

Обычно мутация неблагоприятна. В конце концов, если мы обратимся к сложной молекуле ДНК, которая повторяет себя и ставит в соответствующее место неправильный строительный блок, то нам станет ясно, что вряд ли из-за ошибки результат будет лучше. В итоге клетка кожи или, скажем, печени, подвергнувшаяся мутации, может работать настолько плохо, что по существу не будет производить нужного действия, и очень вероятно, что будет не способна делиться. Другие, нормальные клетки будут, когда необходимо, продолжать деление и будут вытеснять ее из жизни. Таким образом ткань в целом остается нормальной, несмотря на случайные мутации.

Главное исключение – мутация, направленная на процесс роста. Нормальные клетки в ткани растут и делятся, только когда это необходимо, чтобы заменить пропавшие или поврежденные клетки, но у мутировавшей клетки может не хватать механизма, предназначенного для прекращения роста в соответствующее время. Она может только расти и беспомощно множиться, хотя в этом нет необходимости для существования. Подобный анархический рост – это рак, он является наиболее серьезным результатом соматической мутации.

Иногда молекула ДНК мутирует таким образом, что при определенных условиях может работать лучше. Это проис-

ходит не часто, но клетки, содержащие ее, будут выживать и процветать, так что естественный отбор Действует не только в отношении целых организмов, но и в отношении программы ДНК. Так, должно быть, и образовались первые молекулы ДНК из простых строительных блоков, благодаря случайным факторам, пока не сформировалась одна, способная к копированию, а эволюция довершила остальное.

Время от времени клетки спермы или яйцеклетки образуются с несовершенной ДНК. Это приводит к мутации в потомстве. Опять же большинство мутаций неблагоприятны, так что претерпевший мутацию приплод либо не способен развиваться, либо умирает молодым, либо, если даже остается жить и имеет потомство, то оно постепенно вытесняется более эффективными особями. Благоприятная мутация происходит исключительно случайно, такая мутация утверждает себя и передается потомству.

Хотя благоприятные мутации происходят значительно реже, чем неблагоприятные, именно первые имеют тенденцию выживать и вытеснять последние. По этой причине любой, кто наблюдает за ходом эволюции, может увидеть, что за этим как бы стоит цель: организм как бы сознательно пытается усовершенствовать себя.

Трудно поверить, что случайные процессы, успехи и неудачи могут дать такие результаты, которые мы сегодня видим вокруг себя. Но при наличии достаточного количества времени и при наличии системы естественного отбора,

которая допускает гибель миллионов особей, так, что могут утвердиться немногие улучшения, случайные процессы делают свою работу.

## Генетический груз

Но почему молекулы ДНК то и дело копируют себя несовершенно? Копирование – случайный процесс. Когда нуклеотидные строительные блоки выстраиваются против пряди ДНК, только один-единственный определенный нуклеотид должен идеально соответствовать по строению каждому расположенному против него определенному нуклеотиду уже существующей пряди. Только этот должен, так сказать, приклеиться. Нуклеотиды остальных трех разновидностей не должны делать этого.

Однако при слепом движении молекул нуклеотид, которому вообще говоря, здесь не место, не успев отскочить, может быть зажат с обеих сторон другими нуклеотидами, которые преждевременно заняли соответствующие распорядку свои места. Теперь у нас новая прядь ДНК, которая не точно соответствует тому, что требовалось, а отличается одним нуклеотидом и поэтому будет производить фермент, отличающийся одной аминокислотой. Несмотря на это, несовершенная прядь оформилась в новую модель и в новых копированиях будет воспроизводить себя, а не первоначальный оригинал.



При естественных обстоятельствах шанс несовершенного копирования пряди ДНК только 1 на 50000-100 000 случаев, но в живых организмах существует так много генов и происходит так много копирований, что шанс мутации становится непреложным фактом.

У людей примерно 2 из 5 оплодотворенных яйцеклеток содержат по крайней мере один мутировавший ген. Это означает, что около 40 процентов людей так или иначе являются мутантами в отношении своих родителей. Поскольку мутировавший ген передается по наследству, покуда не «вымрет», по некоторым оценкам каждый человек несет в себе примерно восемь мутировавших генов – и почти во всех случаях мутация генов является неблагоприятной. (Тем обстоятельством, что мы почти не ощущаем этого, мы обязаны тому, что гены формируются парами, и если один ненормален, то нас поддерживает другой.) Вероятность мутаций зависит лишь от слепой случайности. Существуют факторы, которые увеличивают вероятность несовершенного копирования, например, различные химикаты, которые вмешиваются в четкую работу ДНК и затрудняют ее стремление работать только с соответствующими нуклеотидами. Поскольку молекула ДНК очень сложна, в нее способны внедряться многие химикаты. Такие химикаты называют «мутагенами».

Существуют также субатомные частицы с их выходками. Молекулы ДНК спрятаны в хромосомах, которые сами погребены в ядрах, в центре клеток, и химикатам не так-то про-

сто добраться до них. Субатомные частицы, однако, легко пробиваются в клетки, и, ударяя в молекулы ДНК, способны выбить из их структуры какие-либо атомы или изменить их физически.

Работа молекул ДНК в этом случае будет нарушена настолько, что они вообще потеряют способность копироваться, и клетка может погибнуть. Если большое число жизненно важных клеток убито, индивидуум может погибнуть от «лучевой болезни».

При менее сильном воздействии клетка может выжить, а произойдет лишь мутация. (Мутация может вызывать заболевание раком, и известно, что энергетическое излучение канцерогенно точно так же, как и мутагенно. Собственно, одно подразумевает другое.) Конечно, если яйцеклетки или клетки спермы испытывают такое воздействие, образуются отпрыски с мутациями, иногда настолько радикальными, что наблюдаются серьезные врожденные дефекты. (Это может быть вызвано также и химическими мутагенами.) Мутагенный эффект радиации был впервые продемонстрирован в 1926 году американским биологом Германом Джоузефом Мюллером (1890—1967), когда он исследовал мутации на плодовых мушках; для удобства он размножал их и подставлял под рентгеновские лучи.

Рентгеновские лучи и радиоактивное излучение были недоступны до двадцатого века, но это не означает, что тогда не было мутагенных форм радиации. На протяжении жизни

солнечный свет существовал всегда, а солнечный свет – тоже слабый мутаген, так как содержит излучение (поэтому слишком длительное пребывание на солнце увеличивает вероятность заболевания раком кожи).

Кроме того, существуют космические лучи, которым жизнь подвергается постоянно. Нет сомнения (хотя кое-кто может не согласиться), что космические лучи вследствие мутаций, которые они вызывают, были главной движущей силой эволюции в течение последних нескольких миллиардов лет. Так что восемь мутировавших генов на индивидуум – почти все вредоносные – это, так сказать, цена, которую мы платим за кое-какие благоприобретения, от которых зависит будущее.

Конечно, если немного – хорошо, это не означает, что много – лучше. Наиболее неблагоприятные мутации, возникшие по какой бы то ни было причине, подтачивают здоровье данной особи, поскольку в результате дают ряд индивидуумов, так сказать, «ниже нормы». Это «генетический груз» для таких особей (термин впервые применен Г. Дж. Мюллером). Однако имеется все же существенный процент индивидуумов без серьезных неблагоприятных мутаций, а также немного индивидуумов, обладающих благоприятными мутациями. Им удастся последовательно перебороть и выпестовать ненормативных, так что в целом особи выживают и развиваются, несмотря на генетический груз.

Но что, если генетический груз возрастет из-за того, что

по какой-то причине возрастет частота мутаций? Это означает, что будет больше индивидуумов ниже нормы и меньше нормальных, лучших по качествам особей. При этих условиях просто может не оказаться достаточного количества нормальных или лучших по качествам индивидуумов, чтобы сохранить особи растущими, несмотря на всех ненормативных индивидуумов. Короче говоря, увеличивающийся генетический груз не ускорит эволюцию, как можно было бы предполагать, а ослабит особи, приведет к их вымиранию. Малый генетический груз – полезен, большой – смертелен.

Но что может вызвать увеличение частоты мутаций? Случайные факторы остаются случайными, и большинство мутагенных факторов в прошлой истории – солнечный свет, химикаты, естественная радиоактивность – были более или менее постоянными в своем влиянии. А как насчет космических лучей? Что, если по какой-либо причине интенсивность космических лучей, достигающих Земли, увеличится? Не может ли это ослабить многие особи и привести к великому умиранию благодаря генетическому грузу, который станет слишком большим для того, чтобы выжить?

Даже если согласиться с тем, что имевшие место великие умирания в истории Земли были связаны с высыханием внутренних морей, не могло ли привести к великому умиранию также и неожиданное увеличение интенсивности космических лучей? Вероятно, могло, но что в таком случае вызывало неожиданное увеличение интенсивности космических

лучей?

Одна возможная причина – расширение сферы действия сверхновых, которые, в конечном счете, являются основным источником космических лучей. Но это маловероятно. В сотнях миллиардов звезд нашей Галактики общее количество сверхновых из года в год, из века в век, остается приблизительно одним и тем же. А не могло ли быть так, что расположение сверхновых меняется, что одно время большее их число находится на другом конце Галактики, а в другое время большее число их находится на нашем конце?

Собственно, это не воздействовало бы на интенсивность космических лучей так сильно, как можно подумать. Поскольку частицы космических лучей движутся искривленными путями благодаря большому числу обширных магнитных полей в Галактике, они имеют тенденцию, так сказать, размазываться, распределяться равномерно по Галактике, независимо от места происхождения.

Сверхновыми постоянно образуются большие количества частиц новых космических лучей, в меньшем количестве их образуют обычные гигантские звезды, частицы эти постоянно ускоряются и становятся более энергетичными. При достаточном ускорении они вообще улетают из Галактики, к тому же большие их количества постоянно попадают в звезды и другие объекты Галактики. Возможно, за 15 миллиардов лет существования Галактики установилось равновесие, и сколько частиц космических лучей образуется, столько же

и исчезает. По этой причине мы можем считать, что интенсивность космических лучей вблизи Земли будет оставаться постоянной.

Существует, однако, одно возможное исключение. Если бы сверхновая взорвалась вблизи Земли, это могло бы вызвать бедствие. Я рассматривал ранее такие близкие сверхновые и пришел к выводу, что шансы такого происшествия в обозримом будущем очень малы. Даже в этом случае у меня речь шла только о свете и о тепле, которые мы могли бы получить от подобного объекта. А как же насчет космических лучей, которые бы мы получили, поскольку расстояние от близкой сверхновой было бы для нас слишком малым, чтобы рассчитывать на достаточное их распространение и рассеяние их магнитными полями?

В 1968 году американские ученые К. Д. Терри и В. Х. Такер обратили внимание на довольно большую сверхновую, которая излучала космические лучи в триллион раз интенсивнее, чем Солнце, и это излучение в космос продолжалось по крайней мере неделю. Если бы такая сверхновая была от нас на расстоянии хотя бы в 16 световых лет, энергия космических лучей, достигающих нас даже с такого огромного расстояния, была бы равна суммарной солнечной радиации за этот же период, и этого должно было бы хватить, чтобы каждый из нас (возможно, также и большинство других форм жизни) получил смертельную дозу радиации. Дополнительное тепло, доставляемое такой сверхновой, и тепловая вол-

на, которая получилась бы в результате, в таком случае не имели бы уже никакого значения.

Конечно, нет настолько близких к нам звезд, способных взорваться в гигантскую сверхновую, такой ситуации не было в прошлом и, насколько нам известно, не ожидается и в обозримом будущем. Однако сверхновая, находящаяся гораздо дальше, могла бы тоже причинить значительный вред.

В настоящее время интенсивность космических лучей, достигающих атмосферы Земли, составляет около 0,03 рентгена в год, и потребовалось бы в 500 раз больше, или 15 рентген в год, чтобы причинить вред. И все же по частоте сверхновых, по их случайным позициям и размерам Терри и Такер рассчитали, что вследствие взрывов сверхновых Земля могла бы получать концентрированную дозу излучения в 200 рентген, примерно каждые 10 миллионов лет, и значительные дозы, соответственно, в более длительные интервалы. За 600 миллионов лет, со времени, до которого добирается изучение окаменелостей, существует реальный шанс, что по крайней мере одна вспышка в 25 000 рентген достигла нас. Безусловно, это могло бы привести к бедствию, но существуют естественные механизмы, снижающие эффективность бомбардировки космическими лучами.

Например, я только что говорил об интенсивности космических лучей, достигающих атмосферы Земли. Это было сказано намеренно, потому что атмосфера не вполне прозрачна для космических лучей. Когда космические частицы

несутся мимо атомов и молекул, составляющих атмосферу, рано или поздно происходят столкновения. Атомы и молекулы разбиваются вдребезги, и частицы вылетают из них уже как «вторичная радиация».

Вторичная радиация менее энергетична, чем «основная радиация», состоящая из частиц космических лучей в открытом космосе, но она все еще достаточно энергетична, чтобы принести немало вреда. Однако и вторичная радиация претерпевает дальнейшие столкновения с атомами и молекулами в атмосфере Земли, и к тому времени, когда летящие частицы достигают поверхности Земли, атмосфера поглощает существенную часть энергии.

Короче говоря, атмосфера действует, как защитное одеяло, не до конца эффективное, но не такое уж и неэффективное. Астронавты на околоземной орбите или на Луне подвергаются более интенсивной бомбардировке космическими лучами, чем мы на поверхности Земли, и это приходится учитывать.

Астронавты во время сравнительно коротких выходов в космос могут получить дополнительную дозу радиации, но обитателям космических поселений такая опасность не грозит. Ведь поселения можно спроектировать со стенами, достаточно толстыми, чтобы обеспечить по крайней мере такую же защиту от космических лучей, какую дает атмосфера Земли.

Правда, если наступит время, когда основная часть чело-



вещества разместится в космических поселениях и сочтет себя свободной от перипетий Солнца – она будет безразлично относиться к тому, что Солнце превратится сначала в красного гиганта, а потом станет белым карликом, – прилив и отлив потока космических лучей может оказаться его главной заботой и главной угрозой катастрофы.

Возвращаясь снова к Земле, замечу: пока атмосфера сохраняет свою настоящую структуру и состав, нет причин полагать, что ее защитное действие ослабнет и сделает нас более уязвимыми при увеличении интенсивности космических лучей. Существует, однако, и другой вид защиты, который нам предоставляет Земля. Он более эффективен, но зато менее долговечен, и чтобы это объяснить, понадобится небольшое отступление.

## **Магнитное поле Земли**

Уже за 600 лет до н. э. греческий философ Фалес (624—546 до н. э.) впервые проводил опыты с естественными магнитными минералами и открыл, что они могут притягивать железо. Со временем узнали, что минерал магнитный железняк (который известен нам, как окись железа) можно использовать для притягивания тонких кусочков стали, которые потом проявляют это свойство более интенсивно, чем сам магнитный железняк.

В средние века открыли, что если намагниченную игол-

ку поместить на легкий плавающий предмет, то эта иголка непременно остановится в направлении север-юг. Один конец иголки был поэтому назван северным магнитным полюсом, а другой – южным. Первыми, заметившими этот факт незадолго до 1100 года, были китайцы, приблизительно век спустя он стал известен и европейцам.

Именно использование намагниченной иголки в качестве «морского компаса» обезопасило европейских штурманов в море и позволило совершать дальние путешествия, а вскоре после 1400 года привело к великим географическим открытиям, которые дали Европе мировое господство почти на пять веков. (Финикийцы, викинги и полинезийцы совершали замечательные морские путешествия без компасов, но подвергались большому риску.) Способность иглы компаса казалась поначалу весьма загадочной, и наименее мистическое объяснение состояло в том, что на дальнем севере находится гора из магнитной руды и она притягивает иголки. Естественно, рождались рассказы о кораблях, рискнувших приблизиться к этому огромному магниту. В этом случае магнит вытаскивал гвозди из кораблей, корабли распадались на части и тонули. Одна из таких историй содержится в «Тысяче и одной ночи».

Английский врач Уильям Гильберт (1544—1603) дал в 1600 году гораздо более интересное объяснение. Он придал куску магнитного железняка форму шара и исследовал направления, которые указывала игла компаса рядом с этим

шаром. Он установил, что она вела себя в отношении магнитного шара точно так же, как и в отношении Земли. Он заключил из этого, что Земля представляет собой огромный магнит с северным магнитным полюсом в Арктике и южным магнитным полюсом в Антарктике.

В 1831 году шотландским исследователем Джеймсом Кларком Россом (1800—1862) было определено местоположение северного магнитного полюса, он оказался на западном берегу полуострова Бутия на крайнем севере Северной Америки. На этом месте северный конец иглы компаса указал прямо вниз. Местоположение южного магнитного полюса было определено в 1909 году австралийским геологом Эджвортом Дэвидом (1858—1934) и британским исследователем Дугласом Моусоном (1882—1958), он оказался на краю Антарктиды.

Но почему Земля – магнит? С тех пор как английский ученый Генри Кавендиш (1731—1810) измерил в 1798 году массу Земли, стало ясно, что плотность Земли слишком высока, чтобы она состояла только из камня. Родилась идея, что центр ее состоит из металла. Так как уже было известно, что большинство метеоритов состоит из железа и никеля в соотношении примерно 10:1, возникла мысль, что и центр Земли может состоять из подобной же смеси металлов. Об этом впервые заявил в 1866 году французский геолог Габриэль Август Дебре (1814—1896).

В конце девятнадцатого века были детально изучены вол-

ны землетрясений, распространяющиеся по Земле. Было доказано, что эти волны, проникая на глубину до 2900 километров, резко изменяют направление.

В 1906 году предположили, что на этой глубине происходит резкое изменение химического состава, что волны здесь, пройдя каменную мантию, достигают металлического ядра. Теперь это подтвердилось. Земля имеет железо-никелевое ядро, то есть сферу приблизительно 6900 километров в диаметре. Это ядро составляет одну шестую объема Земли, а из-за своей высокой плотности – одну треть ее массы.

Есть искушение предположить, что это-то железное ядро и является магнитом, и что это объясняет поведение стрелки компаса. Однако это не так. В 1896 году Французский физик Пьер Кюри (1859—1906) доказал, что магнитная субстанция теряет магнетизм, если ее нагреть до достаточно высокой температуры. Железо теряет свои магнитные свойства в точке Кюри –  $760^{\circ}\text{C}$ . Для никеля точка Кюри составляет  $356^{\circ}\text{C}$ .

Возможно, температура железо-никелевого ядра выше точки Кюри? Действительно, волны некоторых типов землетрясений никогда не проникают в ядро из мантии. Они относятся к таким волнам, которые не могут двигаться по жидкостному телу, и выходит, что ядро – жидкое, и оно достаточно горячо, чтобы состоять из жидкого никелевого железа. Точка плавления железа  $1535^{\circ}\text{C}$  при обычных условиях и должна быть еще выше при большом давлении на границе

ядра, уже только из этого следует, что ядро не может быть таким же магнитом, каким был кусок обычного железа.

Однако наличие жидкого ядра открыло новые возможности. В 1820 году датский физик Ганс Христиан Эрстед (1777—1851) открыл возможность производить магнитные эффекты с помощью электричества (электромагнетизм). Если электрический ток проходит по проволочной спирали, возникает магнитный эффект, очень похожий на тот, который производил бы обычный брусочный магнит, если бы мы мысленно разместили его вдоль оси спирали.

Основываясь на этом, американский геофизик немецкого происхождения Вальтер Мориц Эльзассер (р. 1904) в 1939 году высказал предположение, что вращение Земли может образовывать в ее жидком ядре завихрения, своего рода обширные, медленные водовороты расплавленного никелевого железа. Атомы состоят из электрически заряженных субатомных частиц, и из-за определенной структуры атома железа такие водовороты могли бы создавать эффект электрического тока, текущего по кругу.

Поскольку водовороты образуются благодаря вращению с запада на восток, они бы тоже восприняли движение с запада на восток, и железо-никелевое ядро тогда бы действовало как брусок магнита, поставленный по вертикали север-юг.

Магнитное поле Земли, однако, не всегда постоянно. Магнитные полюса с годами меняют свое положение и по какой-то причине, которую мы пока не можем объяснить, на-

ходятся примерно в 1600 километрах от географических полюсов. К тому же магнитные полюса расположены не точно на противоположных сторонах Земли. Линия, опущенная от северного магнитного полюса к южному, пройдет приблизительно в 1100 километрах в стороне от центра Земли. Вдобавок магнитное поле изменяется из года в год по напряженности.

Сопоставив все эти вещи, можно задуматься над тем, что же произошло с магнитным полем в прошлом и что может произойти с ним в далеком будущем. К счастью, есть способ разобраться по крайней мере с прошлым.

Среди компонентов лавы, извергаемой вулканами, обнаруживаются различные слабо магнитные минералы. Молекулы этих минералов имеют свойство ориентироваться вдоль магнитных силовых линий. Пока минералы в жидком виде, это свойство преодолевается беспорядочным движением молекул, связанным с высокой температурой. Однако, когда вулканическая порода медленно остывает, беспорядочное движение молекул замедляется, и в конечном счете молекулы ориентируются на север и юг. Когда лава застывает, эта ориентация фиксируется. Молекула за молекулой застывают, и наконец образуются целые кристаллы, в которых мы можем обнаружить их магнитные полюса: северный полюс, указывающий на север, и южный полюс, указывающий на юг, точно так же как и магнитный компас. (Мы можем установить, где северный полюс кристалла или любого дру-

гого магнита, так как он отталкивает северный полюс стрелки компаса.) В 1906 году французский физик Бернар Брюнес обнаружил, что некоторые вулканические кристаллы намагничены в направлении, противоположном нормальному. Их северные магнитные полюса (как установлено стрелкой компаса) указывали в южном направлении. Спустя годы после оригинального открытия Брюнеса было изучено огромное количество вулканических пород и установлено, что хотя во многих случаях у кристаллов северные магнитные полюса указывают на север, как и обычно, во многих других случаях у кристаллов их северные магнитные полюса указывают на юг. Очевидно, магнитное поле Земли периодически меняется на противоположное.

Измеряя возраст изучаемых горных пород (всеми известными методами), установили, что последние 700 000 лет магнитное поле находилось в его настоящем положении, которое мы назовем «нормальным». До этого в течение примерно миллиона лет оно было в «противоположном» положении, за исключением двух периодов по 100 000 лет, в течение которых оно было нормальным.

В общем, за последние 76 миллионов лет установлено не менее 171 перемены расположения магнитного поля. Средняя продолжительность периода полной перемены положения составляет около 450 000 лет, а два возможных положения, нормальное и противоположное, занимают в конечном счете такое же количество времени. Однако время между пе-

ременами положения сильно изменяется. Самое продолжительное время между переменаами положения составляет 3 миллиона лет, самое короткое – 50 000 лет.

Каким же образом происходит перемена положения на обратное? Неужели магнитные полюса Земли только и знают, что все время гуляют по земному шару, один прогуливается от Арктики до Антарктики, другой – в обратном направлении? В таком случае должны быть обнаружены кристаллы, которые ориентированы примерно на восток или на запад, а их нет.

Более вероятным представляется то, что просто изменяется напряженность магнитного поля. Она падает порой до нуля, а затем снова растет, но уже в другом направлении. Со временем она опять падает до нуля и опять начинает расти уже в первоначальном направлении, и так далее.

Это некоторым образом похоже на то, что происходит с циклом солнечных пятен. Солнечные пятна увеличиваются количественно, затем уменьшаются, затем начинают увеличиваться снова в обратном направлении по отношению к своему магнитному полю. Затем они уменьшаются опять и снова начинают увеличиваться в первоначальном направлении. Как пики солнечных пятен попеременно нормальные и обратные, точно так и пики магнитного поля Земли попеременно нормальные и обратные. Только изменения магнитного поля Земли намного менее регулярны, чем цикл солнечных пятен.



Представляется вероятным, что изменение напряженности магнитного поля Земли и перемена его ориентации на противоположную связаны с самой Землей, с изменением скорости и направления вращения вещества в жидком ядре Земли. Иначе говоря, жидкое ядро вращается в каком-то определенном направлении, затем вращение замедляется до кратковременной полной остановки, после чего начинается вращение в другом направлении, затем вращение опять замедляется до полной остановки и опять начинается в другом направлении, и так далее. Отчего направление меняется, отчего изменяется скорость и отчего так неправильно, — мы пока сказать не можем. Но зато мы очень хорошо знаем, как магнитное поле Земли влияет на ее бомбардировку космическими лучами.

В 20-х годах XIX века английский ученый Майкл Фарадей (1791—1867) разработал теорию «силовых линий». Это воображаемые линии, идущие по кривой от северного магнитного полюса и отмечающие путь, вдоль которого напряженность магнитного поля имеет постоянное значение.

Намагниченная частица может свободно двигаться вдоль силовых линий. Но чтобы пересечь силовые линии, требуется энергия.

Магнитное поле Земли окружает Землю магнитными силовыми линиями, соединяющими ее магнитные полюса. Любая заряженная частица, летящая из открытого космоса, чтобы достигнуть поверхности Земли должна пересечь эти си-

ловые линии, а при этом она теряет энергию. Если вначале она обладает небольшим количеством энергии, она может лишиться ее, так и не достигнув земной поверхности. В таком случае она способна двигаться только вдоль силовой линии, по спирали, вплотную к ней и переходя от северного магнитного полюса Земли к южному, снова к северному, и снова к южному, и так далее.

Это происходит со многими частицами солнечного ветра, поэтому всегда существует большое количество заряженных частиц,двигающихся вдоль силовых линий магнитного поля Земли и образующих то, что мы называем «магнитосферой», которая находится далеко вне атмосферы.

Силовые линии сходятся у двух магнитных полюсов, и там частицы, следуя по этим линиям, движутся к поверхности Земли и ударяют в верхние слои атмосферы. В процессе столкновения с атомами и молекулами они отдают свою энергию и порождают изумительное по красоте явление ночного полярного неба: на севере – северное сияние, на юге – южное сияние.

Частицы, которые особенно энергетичны, могут пересечь все силовые линии и нанести удар по поверхности Земли, но всегда с меньшей энергией, чем начальная. Кроме того, они отклоняются на север и юг, и чем меньшей энергией они обладают, тем дальше они отклоняются.

Космические частицы достаточно энергетичны, чтобы пробить земную поверхность, но они при этом сильно осла-

бевают и тоже отклоняются, так как существует «широтный эффект». Космические лучи наименее интенсивно проникают к Земле у экватора и наиболее интенсивно на севере и юге.

Плотность жизни на суше тоже уменьшается по мере продвижения от тропиков к полюсам (морская жизнь до определенной степени защищена толщиной воды), и наличие широтного эффекта приводит к общему конечному результату, который состоит не только в том, что космические лучи ослабевают в магнитном поле, но они еще и сдвигаются от регионов с интенсивной жизнью к регионам с менее интенсивной жизнью.

Даже несмотря на то, что космические лучи на магнитных полюсах, где они наиболее интенсивны, как представляется, не влияют на жизнь, это совсем не означает, что мутагенный эффект космических лучей ослабевает благодаря существованию магнитного поля Земли.

Когда уменьшается напряженность магнитного поля Земли, его защищающее от космических лучей действие ослабевает. В периоды, когда магнитное поле претерпевает перемену направления на обратное, Земля какое-то время остается вообще без магнитного поля, и поток космических лучей не ослабляется и не отклоняется. В этот период тропическая и умеренные зоны, которые несут основной груз жизни на суше (включая человеческую жизнь), подвергаются большему воздействию космических лучей, чем в какое-либо иное

время.

Что если в период такой перемены магнитного поля поблизости случится взрыв сверхновой? Ее воздействие на Землю будет значительно большим, чем при наличии у Земли магнитного поля. Не случилось ли так, что одно (или более) из великих умираний произошло как раз тогда, когда близлежащая сверхновая взорвалась в период перемены направления магнитного поля на обратное?

Это маловероятно, близкое расположение сверхновой случается крайне редко, и перемена направления магнитного поля на обратное тоже происходит редко. Совпадение двух очень редких явлений гораздо менее вероятно, чем возникновение одного из них. И все же совпадение возможно. А если так, то что же насчет будущего?

Магнитное поле Земли, по-видимому, потеряло 15 процентов силы, которую оно имело в 1670 году, когда впервые производились надежные измерения, и при настоящем темпе падения оно достигнет нуля к 4000 году нашей эры. Даже если не будет общего увеличения космических частиц из-за находящейся поблизости сверхновой, число частиц, достигающих места главной концентрации человечества, будет примерно вдвое больше, чем сейчас, и генетический груз человечества может в результате заметно увеличиться.

Эффект, вероятно, не будет очень сильным, если поблизости не взорвется сверхновая, а этого не может быть, потому что ближайшей сверхновой к 4000 году является Бетель-

гейзе, а она не настолько близко, чтобы из-за этого волноваться, даже в отсутствие магнитного поля.

Конечно, совпадение может произойти в более отдаленном будущем, но ни близлежащая сверхновая, ни перемена на обратное магнитного поля не смогут, скорее всего, застать нас врасплох. И те и другие события дадут достаточно заблаговременное предупреждение и возможность подготовиться к защите от внезапного прорыва космических лучей.

Однако это пока единственная, на мой взгляд, катастрофа, которая (повторяю) могла бы воздействовать на космические поселения более опасно, чем на Землю.

# **Часть четвертая**

## **Катастрофы четвертого класса**

### **12. Конкуренция видов**

#### **Крупные животные**

Давайте остановимся и подведем некоторые итоги.

Из катастроф третьего класса, которые мы только что рассмотрели, катастроф, в которых Земля в целом страдает от ухудшения своего жизненного пространства, вероятно, единственным по-настоящему неблагоприятным событием является ледниковый период или, наоборот, таяние существующих ледников. Если то и другое будет происходить своим путем, как это обыкновенно происходит в природе, процесс этот будет идти очень медленно и, определенно, займет не одну тысячу лет, а значит, и то, и другое люди смогут перенести или, что еще более вероятно, повлиять на них.

Значит, человечество может прожить достаточно долго, чтобы дожидаться катастрофы второго класса, такой, при которой Солнце претерпевает изменения, делающие жизнь на Земле невозможной. Солнце может стать красным гигантом

только через несколько миллиардов лет, и повлиять на этот процесс пока невозможно, и единственный вариант спасения состоит в том, что от Солнца можно уклониться.

Значит, человечество может прожить достаточно долго, чтобы дождаться катастрофы первого класса, при которой вся Вселенная станет необитаемой. Наиболее вероятной причиной этого, по моему мнению, является образование нового космического яйца. Как бы то ни было здесь уже ни повлиять, ни уклониться нельзя. По сути это – абсолютный конец жизни. Но этого не случится в течение, примерно, триллиона лет, и кто знает, на что к тому времени будет способна техника.

И все же мы не можем чувствовать себя в безопасности даже до следующего ледникового периода, есть более непосредственные опасности, которые нам угрожают, хотя Вселенная, Солнце и Земля останутся такими же, как сегодня.

Иначе говоря, нам предстоит рассмотреть катастрофы четвертого класса, такие катастрофы, которые угрожают существованию на Земле жизни именно человека, тогда как вообще жизнь на планете может продолжать существование как и до сих пор.

Но что же способно привести к концу человечество, в то время как жизнь в целом останется?

Начнем с того, что люди – это особый вид организмов, а вымирание является обычной участью видов. По крайней мере 90 процентов всех видов, которые когда-либо жили, вы-

мерли, а те, что сохранились до сегодняшнего дня, большей частью не столь многочисленны или не настолько процветают, как когда-то. Фактически многие из них находятся на грани вымирания.

Вымирание может происходить вследствие изменений в окружающей среде, которые губят виды, не способные пережить по той или иной причине эти отдельные изменения. Мы уже рассматривали некоторые типы изменений окружающей среды и будем рассматривать другие. Однако вымирание может произойти и непосредственно в конкуренции видов, будучи итогом победы одного вида над другим или группы видов над другими. Так, в большей части мира плацентарные млекопитающие выжили и вытеснили сумчатых и однопроходных, боровшихся за жизнь в одной и той же окружающей среде. Только в Австралии сохранилось процветающее разнообразие сумчатых и даже пара видов однопроходных, потому что Австралия откололась от Азии еще до того, как развились плацентарные виды.

Существует ли вероятность того, что мы можем быть каким-либо образом стерты с лица Земли той или иной формой жизни, лишены возможности дальнейшего существования? Мы не единственная в мире форма жизни. Насчитывается около 350 000 видов растений и, примерно, 900 000 видов животных. Существуют, может быть, еще миллион или два вида, которые пока не открыты. Представляют ли какие-либо из этих других видов серьезную опасность для нас?



На ранней стадии существования семейства гоминидов опасности такого рода существовали на каждом шагу. Наши гоминидные предки, одетые только в собственную кожу и не обладающие никакими орудиями, кроме собственных рук, не могли противостоять крупным хищникам и даже крупным травоядным.

Первые гоминиды, должно быть, собирали пищу неактивного растительного мира, и, может быть, иногда, подталкиваемые голодом, питались мелкими животными, каких только могли поймать, как это ныне делают шимпанзе. Когда же дело касалось чего-то ростом с человека или больше, ранним гоминидам оставалось только спастись бегством или прятаться.

Однако даже на ранних стадиях гоминиды учились пользоваться орудиями. Рука гоминида была хорошо устроена и могла держать ветку дерева или берцовую кость, а с ними гоминид уже не был безоружен и мог с большей уверенностью противостоять копытам, крепким челюстям и клыкам. Появились гоминиды с более крупным мозгом, они научились изготавливать каменные топоры и копья с каменными наконечниками, и ситуация повернулась в их пользу. Каменный топор был лучше, чем копыто, копье с каменным наконечником – лучше, чем клыки или челюсти.

Как только появился *Homo sapiens*, и как только люди начали охотиться группами, стало возможным (с определенным риском, конечно) убивать или тяжело ранить крупных

животных. Во время последнего периода оледенения эти люди были уже вполне способны охотиться на мамонтов. Не исключено, что как раз охота привела мамонтов (и других крупных животных) к вымиранию.

Использование огня дало людям оружие и защиту, ни один из других видов не мог ни копировать их, ни противостоять им. С огнем люди могли не опасаться хищников. С тех пор животные, какими бы крупными и мощными они ни были, избегали огня, чуя его издалека. К началу цивилизации крупные хищники, по существу, были уничтожены.

Конечно, отдельные люди все еще оставались беспомощными, если в западне оказывался лев, медведь или другое плотоядное животное, или даже разъяренное травоядное вроде водяного буйвола или зубра.

И все-таки уже на заре цивилизации, если возникала необходимость избавить какое-то место от опасного животного, люди всегда могли это сделать, хотя подчас это было связано с потерями среди них. Более того, хорошо вооруженные люди, решившиеся убить животное ради забавы или поймать его, чтобы выставить напоказ, всегда могли это сделать, хотя опять-таки с возможными потерями.

Даже сегодня с людьми происходят отдельные несчастные случаи, но никто и мысли не допускает, что человеку как виду угрожает какое-либо животное, или даже все существующие животные вместе взятые. Несомненно, ситуация полностью поменялась на обратную. Человечество с минимальными

ми усилиями может довести всех крупных животных до вымирания и, несомненно, должно предпринять сознательные (иногда почти безнадежные) усилия не делать этого. Исход сражения предрешен, и человечество чуть ли не сожалеет о потере достойного противника.

В древности, когда победа была уже обеспечена, возможно, сохранялись еще призрачные воспоминания о временах, когда животные были более опасными, более угрожающими, более смертоносными, и в жизни поэтому было больше тревог и волнений. Естественно, ни одно из известных животных уже не могло представляться существенно опасным и угрожающим для соединенных усилий, и возникли мифические животные. В Библии мы читаем о «бегемоте», который был, по-видимому, слоном или гиппопотамом, но которого создатели легенды увеличили до огромных размеров; ни одно животное на самом деле не могло быть таким большим. Мы также читаем о «левиафане», который, возможно, вдохновлен крокодилом или китом, но который опять-таки был преувеличен до невозможности.

В Библии упоминаются и гиганты в человеческом облике, ими изобилует и фольклор. Таковы, например, Полифем, одноглазый Циклоп в «Одиссее», и великаны, которые угрожают молодым парням в английских народных сказках.

При недостаточной величине животным придают смертоносную силу, какой они, собственно, не обладают.

У крокодила вырастают крылья, и он дышит огнем, ста-

новьясь наводящим страх драконом. Змеи, которые на самом деле могут убить, лишь укусив, наделяются способностью убивать дыханием или даже взглядом, становясь василисками. Осьминог, головоногое животное, возможно, дал повод для сказки о девятиголовой Гидре (убитой Гераклом), или о многоголовой Сцилле (из-за которой Одиссей потерял шесть человек), или о Медузе с волосами из живых змей, которая превращала в камень взглянувших на нее людей (и которая была убита Персеем).

Существовали комбинации существ. Были кентавры с головой и туловищем человека, соединенными с телом лошади (инспирированные крестьянами, впервые увидевшими всадников). Были сфинксы с головой и торсом женщины, соединенными с телом льва, грифоны – сочетание орла и льва, химеры, которые были сочетанием льва, козы и змеи. Были и более добродушные твари: крылатые лошади, единороги и так далее.

Общим для всех них было то, что они никогда не существовали, и даже если бы они все-таки существовали, они бы не могли противостоять *Homo sapiens*. Конечно, и в легендах они никогда не побеждали: рыцарь в итоге убивал дракона. А великаны, даже если бы они существовали, но были бы такими примитивными и неразумными, какими всегда описывались, они бы никогда не представляли для нас опасности.

## Мелкие животные

Мелкие животные на самом деле могут представлять большую опасность, чем крупные. Конечно, отдельное мелкое млекопитающее менее опасно, чем крупное, по очевидным причинам. В распоряжении мелкого меньше энергии, его легче убить, оно менее эффективно дает отпор.

Вообще мелкие млекопитающие не склонны давать отпор, они спасаются бегством. А из-за того, что они мелкие, им легче спрятаться, ускользнуть в укромные уголки и щели, где их нельзя увидеть и откуда их нелегко достать. Если за ними не охотятся как за пищей, их чрезвычайная малость увеличивает их незначительность и возможность спастись от преследования.

Отдельно взятое мелкое млекопитающее в общем не влияет существенно на окружающее. Мелкие организмы также более короткоживущие, чем крупные, но живут гораздо быстрее, то есть раньше достигают половой зрелости, раньше приносят потомство. Более того, для производства мелкого млекопитающего требуется гораздо меньше энергии, чем для производства крупного. У мелких млекопитающих длительность беременности короче и количество произведенного за раз потомства больше, чем у крупных млекопитающих. И вот что получается.

Человек не достигает половой зрелости ранее тринадцати

лет, беременность длится девять месяцев, и женщина в течение своей жизни при благоприятных обстоятельствах может иметь десяток детей. Если бы человеческая пара имела десять детей, и если бы все они имели по десять детей, то за три поколения общее количество потомков первоначальной пары составило бы 1110 человек.

С другой стороны, серая крыса достигает половой зрелости в возрасте от десяти до двенадцати недель. Она может произвести потомство от трех до пяти раз в год и в помете от четырех до двенадцати крысят. Такая крыса живет три года, и за это время она может произвести на свет шестьдесят крысят. Если бы каждый из них произвел тоже шестьдесят, и каждый из этих шестидесяти – тоже шестьдесят, то за три поколения было бы произведено на свет 219 660 крыс, и это за девять лет.

Если бы эти крысы продолжали бесконтрольно размножаться в течение продолжительности жизни человека (семьдесят лет), то общее количество крыс только в конечном поколении было бы 5 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000, и они бы весили почти в миллион триллионов раз больше, чем Земля.

Естественно, крысы не могут выжить все, и дело в том, что очень немногие из них живут достаточно долго, чтобы полностью осуществить свой потенциал воспроизводства, не вполне ясны и потери в этой схеме, ведь крысы являются существенной частью рациона более крупных животных.

Тем не менее эта плодовитость, эта способность очень быстро производить на свет многочисленное потомство означает, что отдельная крыса, по существу – ничто, и что уничтожение крыс, по существу, не дает эффекта. И хотя почти каждая крыса убивается в настоящем крестовом походе против животного, те, что остаются, могут восполнить дефицит с обескураживающей скоростью. Собственно, чем меньше организм, тем менее важен и эффективен индивидуум и тем более близок к бессмертному и потенциально опасному вид в целом.

Более того, наличие плодовитости ускоряет процесс эволюции. Если в нескольких поколениях на крыс вредно воздействуют определенным ядом или делают уязвимой определенную особенность их поведения, то, в результате благоприятных мутаций, они становятся необычайно стойкими к данному яду или изменяют поведение, так, что становятся менее уязвимыми. Именно эти стойкие, менее уязвимые крысы имеют тенденцию выживать и давать приплод, и этот приплод, очень вероятно, унаследует стойкость и сравнительную неуязвимость. Следовательно, какая бы стратегия ни использовалась, чтобы сократить популяцию крыс, вскоре она перестает срабатывать.

В итоге кое-кому представляется, что крысы злорадно умны. Конечно, они умны для такого маленького животного, однако, не настолько. Мы же ведем речь совсем не об индивидууме, а о плодовитом эволюционирующем виде.

Собственно, вполне разумно предположить, что если и существует в жизни какое-нибудь свойство, которое наиболее благоприятно для выживания вида и которое поэтому делает вид наиболее успешным, то это – плодовитость.

Мы привыкли считать, что разум – это вершина эволюции, мы судим так, исходя из собственной точки зрения, но это еще вопрос, является ли разум, в конечном счете, неизбежно победителем в сопоставлении с плодовитостью. Люди по существу уничтожили много крупных видов, которые не особенно плодовиты, но они даже не ослабили популяцию крыс.

Еще одно свойство очень ценно для выживания – это всеядность. Быть способным усваивать один и только один вид пищи – это означает иметь тонко настроенные пищеварительную систему и обмен веществ. Животное не страдает ни от каких пищеварительных проблем до тех пор, пока достаточен запас его специфической пищи. Так австралийский коала, который ест только листья эвкалипта, чувствует себя на седьмом небе, пока находится на эвкалипте. Однако такое ограниченное меню ставит коалу в зависимость от обстоятельств. Там, где не растут эвкалипты, не живут и коалы (за исключением, естественно, зоопарков). Если эвкалипты исчезнут, исчезнут и коалы, даже в зоопарках.

С другой стороны, животное с менее строгой диетой может перенести подобное несчастье. Потеря лучшей пищи означает, что надо удовлетвориться той, что похуже, но вы-



жить можно. Одна из причин, по которой человек как вид процветает по сравнению с другими видами приматов, состоит в том, что *Homo sapiens* всеяден и ест почти все, в то время как другие приматы большей частью травоядные (горилла, например, полностью).

К несчастью для нас, крыса тоже всеядна, и какое бы разнообразие пищи люди себе ни обеспечивали, крыса им удовлетворится. Поэтому, куда бы ни отправились люди, крыса идет следом. Если бы нас спросили, какое млекопитающее более всего угрожает нам сегодня, мы бы не могли ответить: лев или слон, которых мы можем стереть с лица Земли в любой момент, когда захотим. Нам придется сказать: серая крыса.

Все же, если крысы более опасны, чем львы, и, по аналогии, скворцы более опасны (В России до последнего времени скворец считается птицей полезной, и мы бы поставили тут скорей воробья, который местами настолько вредит урожаю, что в Китае, например, некоторое время тому назад по всей стране в течение нескольких месяцев велась настоящая война по уничтожению этой птицы), чем орлы, то самое худшее, что можно сказать человечеству, это то, что борьба против мелких млекопитающих и птиц на данный момент в патовой ситуации. Они и другие, подобные им организмы раздражают и досаждают, и их нельзя удержать на этом уровне без больших хлопот. Тем не менее если мы не подвергнемся удару каким-либо иным образом, реальной опасности, что

они уничтожат человечество, нет.

Существуют организму еще более опасные, чем крысы или любые другие хищники. Если с крысами при их малых размерах и плодовитости трудно бороться, то что же сказать о других организмах, еще меньших по размерам и еще более плодовитых? Что сказать о насекомых?

Насекомые из всех многоклеточных организмов намного более преуспевающи, если рассматривать их с точки зрения количества видов. Насекомые так мало живут и настолько плодовиты, что скорость их эволюции просто взрывная. Сейчас известно около 700 000 видов насекомых и только 200 000 видов животных всех других типов, вместе взятых.

Более того, список видов насекомых не полон или даже далеко не полон. Порядка 6000—7000 новых видов насекомых открывают каждый год, и не исключено, что существует по меньшей мере 3 миллиона видов насекомых.

Что касается количества насекомых вообще, оно потрясающе. В Индии, например, на одном-единственном акре (Примерно 0,4 гектара.) влажной почвы может находиться до 4 миллионов насекомых различных видов. И в мире сейчас может быть до миллиарда миллиардов насекомых, около 250 миллионов насекомых на каждого живого мужчину, женщину и ребенка. Общий вес всех живущих на планете насекомых больше, чем общий вес всех других животных, вместе взятых.

Почти все виды насекомых безвредны для человека.

Лишь около 3000 видов насекомых из возможных 3 миллионов доставляют нам неудобства. Это насекомые, которые живут на нас, на нашей пище и на вещах, которые мы ценим, – мухи, блохи, вши, осы, шершни, амбарные долгоносики, тараканы, ковровые мухи, термиты и так далее (Этот список, на наш взгляд, следует дополнить хотя бы клопами, комарами, саранчой, платяной молью, жучками-древоточцами, долгоносиками зелеными, колорадским жуком.).

Некоторые из них – гораздо больше, чем неудобство. В Индии, например, существует красный хлопковый жук. Он живет на растении хлопка. Каждый год им уничтожается половина выращенного в Индии хлопка Шаровые долгоносики питаются растениями хлопка в Соединенных Штатах. У нас с шаровым долгоносиком борются более успешно, чем в Индии с хлопковым жуком. Тем не менее в результате ущерба от шарового долгоносика каждый фунт хлопка, произведенного в Соединенных Штатах, стоит на десять центов дороже, чем стоил бы, если бы не было хлопкового долгоносика. Потери от ущерба, нанесенного насекомыми урожаем и имуществу человека, только в Соединенных Штатах достигают 8 миллиардов Долларов в год.

Традиционное оружие, разработанное человеком в первобытные времена, было направлено против крупных животных, которых он больше всего боялся. Копья и стрелы, которые хороши против оленя, едва ли представляют ценность против кроликов или крыс. А направлять копье или стрелу

против саранчи или комара настолько нелепо, что, вероятно, ни один нормальный человек этого не делал.

Изобретение пушек и ружей ничего не дало для улучшения ситуации. Даже ядерное оружие не уничтожит мелких животных так же легко и совершенно, как самого человека.

В таком случае начнем с того, что против мелких животных применялось биологическое оружие. Кошки, собаки и ласки использовались для ловли и уничтожения крыс и мышей. Небольшие плотоядные животные лучше приспособлены преследовать грызунов, куда бы те ни забирались, и поскольку эти плотоядные действуют скорее в поисках пищи, чем из-за того, что им досаждают, они проявляют большее рвение и целеустремленность, чем этого можно было бы ждать от людей.

Особенно кошки, они были приручены в Древнем Египте, наверное, не столько за свои качества составлять компанию (чего мы почти не ожидаем от них в наши дни), сколько за умение расправляться с мелкими грызунами. Дело обстояло так, что кошки оказались между египтянами и уничтожением их зернового запаса. Одно из двух: либо кошки, либо голод; и неудивительно, что египтяне боготворили кошку и сделали ее главным уничтожителем грызунов.

У насекомых тоже есть биологические враги. Птицы, маленькие млекопитающие и рептилии – все они готовы истреблять насекомых, это – их пища. Даже некоторые насекомые истребляют насекомых. Выберите нужного хищника,

правильное время, необходимые условия, и вы можете сделать большой шаг в сторону контроля определенного насекомого-вредителя.

Однако ранняя цивилизация не применяла таких биологических действий, и невозможно было найти насекомое, эквивалентное кошке. Собственно, действенного метода контроля за насекомыми не было, он появился примерно сто лет назад, когда стали применять опрыскивание ядами.

С 1877 года для борьбы с насекомыми-вредителями стали применяться соединения меди, свинца и мышьяка. Одним из ядов, который особенно часто использовался, была «парижская зелень» (представляющая собой уксусно-мышьяковую соль меди). Она была достаточно эффективна. «Парижская зелень» не влияла на растения, которые ею опрыскивались. Растения питались неорганическими веществами из воздуха и почвы и заряжались энергией от Солнца. Минеральные кристаллики, оставшиеся на листьях, не мешали этому. Однако любое насекомое, пытавшееся съесть листья, немедленно погибало.

Такие минеральные «инсектициды» (Термин «пестициды» вошел в обиход в недавние годы, поскольку эти химикаты воздействуют, кроме насекомых, и на другие организмы.) имеют свои недостатки. Кроме насекомых, они ядовиты и для других животных, а значит, и для человека. Более того, эти минеральные яды очень устойчивы. Дождь смывает часть минерала, он попадает в почву. Мало-помалу почва ак-

кумулирует медь, мышьяк и другие элементы, и они в конце концов достигают корней растений. Таким образом они все-таки вредно воздействуют на растения, а почва постепенно отравляется. Кроме того, подобные яды могут отравить самих людей. Следовательно, они неэффективны против насекомых, которые делают своими жертвами людей.

Естественно, делались попытки найти химикаты, которые приносили бы вред только насекомым и не накапливались бы в почве. В 1935 году швейцарский химик Пауль Мюллер (1889—1965) начал искать такие химикаты. Он хотел найти такое вещество, которое было бы недорого в производстве, у которого не было бы запаха и которое было бы безвредно для всей остальной жизни, кроме насекомых. Он вел поиски среди органических соединений углерода, близких к тем, что находятся в живых тканях, надеясь найти такое вещество, которое бы не было таким устойчивым в почве как минеральные соединения. В сентябре 1939 года Мюллер заинтересовался «дихлордифенилтрихлорэтаном», сокращенно ДДТ. Это соединение было впервые получено и описано в 1874 году, но в течение шестидесяти лет его инсектицидные свойства оставались неизвестными (Уже после написания этой книги и у ДДТ были обнаружены вредные для окружающей среды свойства, и применение его в России (а также и в других странах) было запрещено).

Были открыты и многие другие органические пестициды, и война человека против насекомых-вредителей получила

более благоприятный поворот.

Но все-таки не полностью благоприятный. Способность эволюционного изменения насекомых – это то, с чем приходилось считаться. Так, если, скажем, инсектициды убили всех насекомых, кроме небольшой горстки тех, что оказались относительно невосприимчивы к ДДТ и другим химикатам подобного вида, то эти выжившие немедленно размножились бы в новую, невосприимчивую к этим химикатам ветвь. Если же те же самые инсектициды убьют также конкурентов насекомых и хищников, их уничтожающих, то новое устойчивое потомство, поначалу подвергшееся яростной атаке, со временем может размножиться еще в большей степени, чем до использования инсектицида. Чтобы не выпускать их из-под контроля, необходимо было увеличивать концентрацию инсектицидов и применять новые.

Когда инсектициды стали применяться все шире и шире, без разбора и во все больших концентрациях, проявились другие их недостатки. Инсектициды были безвредны для других видов жизни, но не полностью. Часто они не до конца разрушались в теле животного, и животные, питающиеся растениями, обработанными инсектицидами сохраняли химикаты в отложениях жира и передавали другим животным, которые их ели. Например, в результате нарушался механизм яйцеобразования у некоторых птиц, сильно снижая коэффициент рождаемости.

Американский биолог Рейчел Луиз Карсон (1907—1964)

опубликовала в 1962 году книгу «Безмолвная весна» (Silent Spring), в которой обращала внимание на опасность использования пестицидов без разбора. После этого стали использоваться новые методики: пестициды меньшей токсичности, использование биологических врагов, стерилизация насекомых мужского пола путем радиоактивного облучения, использование гормонов насекомых для предотвращения оплодотворения или созревания насекомых.

В целом битва против насекомых идет достаточно успешно. Нет, правда, признаков того, что люди выигрывают ее, в том смысле, что насекомые-вредители постоянно будут что-то уничтожать, но и мы тоже не теряемся. Что касается крыс, война находится в тупиковом состоянии, но нет и признаков того, что человечество потерпит сокрушительное поражение. Если человек как вид не будет серьезно ослаблен по другим причинам, маловероятно, что нас уничтожат насекомые, с которыми мы боремся.

## **Инфекционные болезни**

Еще большую опасность для человечества, чем действие мелких плодовитых вредителей на человека, его пищу и вещи, представляет их способность распространять некоторые виды инфекционных заболеваний (Скоро станет ясно, что некоторые болезни ассоциируются с живыми организмами, еще более мелкими, более плодовитыми и Даже более опас-



ными, чем насекомые).

Каждый живой организм подвергается различным болезням, болезнь в широком смысле этого слова понимается как «недомогание», то есть любое нарушение или изменение физиологии или биохимии, которое вмешивается в нормальное функционирование организма. В конце концов накопившийся эффект нарушений функционирования, неправильное функционирование или нефункционирование, даже если многое действует верно, наносят необратимый ущерб – мы говорим: это старость, – и даже самый лучший в мире уход приводит к неотвратимой гибели.

Существуют некоторые деревья, которые могут жить пять тысяч лет, некоторые холоднокровные животные, которые могут жить двести лет, некоторые теплокровные животные, которые могут жить сто лет, но каждому многоклеточному организму приходит конец – смерть.

Смерть является существенной частью успешного функционирования жизни. Постоянно появляются новые индивидуумы с новыми сочетаниями хромосом и генов, а также с мутировавшими генами. Они, так сказать, представляют новые попытки приспособления организмов к окружающей среде. Без непрерывного прибывания новых организмов, которые не просто копии старых, остановилась бы эволюция. Естественно, новые организмы не могут должным образом выполнять свою роль, если старые не ушли со сцены после того, как выполнили свою функцию воспроизводства. Ко-

роче говоря, смерть отдельного индивидуума существенно важна для жизни вида.

Однако существенно важно, чтобы отдельный индивидуум не умирал, не успев воспроизвести потомство, по крайней мере не в столь многочисленных случаях, чтобы привести популяцию к вымиранию.

У людей нет относительного иммунитета против ущерба, причиняемого преждевременной смертью индивидуума, которым обладают мелкие плодовые виды. Люди сравнительно крупны, долго живут и медленно размножаются, так что слишком быстрые отдельные смерти заключают в себе угрозу катастрофы. Быстрая смерть неожиданно большого количества людей может нанести серьезный урон популяции человека. Нетрудно себе представить, как преждевременная смертность, дошедшая до крайности, стирает с лица Земли род человеческий.

Наиболее опасным в этом отношении является класс нарушения функций, называемый «инфекционное заболевание». Существует много нарушений, которые воздействуют на человека по той или иной причине и могут убить его, но которые не будут сами по себе представлять опасность для вида, потому что строго ограничиваются страдающим индивидуумом. Однако там, где болезнь определенным образом может перейти от одного человека к другому, и где ее появление у отдельного индивидуума может привести к смерти не только его самого, но также и миллионы других, там су-

шествует возможность катастрофы.

И, конечно, в исторические времена инфекционные заболевания подошли к уничтожению человеческого вида ближе, чем хищническое истребление каким-либо животным. Хотя инфекционные заболевания, даже в наихудшем варианте, никогда на самом деле до конца не расправлялись с людьми как с видом (это очевидно), они могут нанести серьезный урон цивилизации и изменить ход истории. Они, собственно, и делали это, и не однажды.

Ситуация, может быть, даже ухудшилась с приходом Цивилизации. Цивилизация означает рост городов и скопление людей в тесных кварталах. Точно так же как огонь может гораздо быстрее с дерева на дерево распространиться в густом лесу, так и инфекционное заболевание может гораздо быстрее распространиться в густонаселенных кварталах, чем в разбросанных поселках.

Приведем несколько печально известных случаев из истории.

В 431 году до н. э. город Афины и его союзники вступили в войну со Спартой и ее союзниками. Это была двадцатисемилетняя война, которая разрушила Афины и в значительной степени всю Грецию. Поскольку Спарта контролировала страну, все афинское население сгрудилось в окруженном стеной городе Афины. Здесь они были в безопасности и могли снабжаться провизией с моря, которое контролировалось афинским флотом. Весьма вероятно, что Афины выиграли

бы войну на истощение, и Греция избежала бы разрушений, если бы не болезнь.

В 430 году до н. э. на густонаселенные Афины обрушилась чума и убила 20 процентов жителей, включая их харизматического лидера Перикла. Афины продолжали сражаться, но так и не восстановили своего населения и своей мощи и в конце концов войну проиграли.

Эпидемии очень часто вспыхивали в Восточной и Южной Азии, где население было более плотное, и распространялись на Запад. В 166 до н. э. при энергичном императоре-философе Марке Аврелии, когда Римская империя была на пике своего могущества и цивилизации, римские армии, сражавшиеся на восточных границах в Малой Азии, начали страдать от эпидемического заболевания (возможно, оспы). Они принесли ее с собой в другие провинции и в сам Рим. В разгар эпидемии в Риме ежедневно умирало 2000 человек. Население стало убывать и не достигло своего «дооспенного» уровня до двадцатого века. Существует множество причин, объясняющих постепенное падение Рима, которое последовало за правлением Марка Аврелия, но ослабляющий эффект оспы 166 года, безусловно, сыграл свою роль.

После того как западные границы империи подверглись нашествию германских племен и сам Рим пал, восточная половина Римской империи продолжала существовать со столицей в Константинополе. Во время правления талантливого императора Юстиниана I, который вступил на трон в 527

году, были возвращены Африка, Италия и часть Испании, и некоторое время казалось, что империя может возродиться. В 541 году пришла бубонная чума. Болезнь вообще-то в основном поражала крыс, но блохи, которые кусали больную крысу, кусали потом человека и таким образом заражали его. Бубонная чума – весьма скоротечное и часто завершающееся смертельным исходом заболевание. Она может сопровождаться еще более смертоносным недугом – легочной чумой, которая передается от человека к человеку.

В течение двух лет свирепствовала чума, и от трети до половины населения Константинополя умерло, а также множество людей из пригородов. После этого надежды на возрождение империи уже не было, и ее восточная часть, ставшая известной как Византийская империя, продолжила свое угасание (с редкими временными улучшениями).

Самая страшная эпидемия в истории рода человеческого произошла в четырнадцатом веке. В 30-х годах XIV века в Центральной Азии появилась новая разновидность бубонной чумы, особенно смертоносная. Начали умирать люди, а чума неумолимо стала распространяться.

В конце концов она достигла Черного моря. Здесь, на Крымском полуострове, выступающем из середины северного побережья этого моря, находился морской порт Каффа, где итальянский город Генуя основал свое торговое поселение. В октябре 1348 года генуэзский корабль едва смог возвратиться из Каффы в Геную. Несколько человек на борту,

кто еще не погиб от чумы, тоже начали умирать. Их привезли на берег, и таким образом чума пришла в Европу и начала быстро распространяться.

Иногда заражались легкой разновидностью болезни, но чаще она обрушивалась со всей жестокостью. В последнем случае почти всегда больной погибал в течение одного-трех дней после появления первых симптомов. Из-за того, что экстремальная стадия характеризовалась геморрагическими пятнами, которые потом черне-и, болезнь называли «черной смертью».

«Черная смерть» стихийно распространялась. Подсчитано, что перед тем, как угаснуть, она унесла в Европе жизни 25 миллионов человек, и намного больше в Африке и в Азии. Она уничтожила треть населения планеты, то есть примерно 60 миллионов человек. Никогда ни до этого, ни после этого мы не знали ничего, что уничтожило бы такой большой процент населения, как «черная смерть».

Не удивительно, что она вселила в людей страх. Все ходили, охваченные ужасом. Неожиданный приступ лихорадки, головокружение, просто головная боль могли означать, что смерть наметила себе жертву, и что до конца остались считанные часы. Опустевали целые города, едва кто-нибудь умирал, как все, оставляя его непогребенным, разбежались и распространяли болезнь. Фермы стояли заброшенные, животные – оставленные без ухода. Целые страны – Арагон, например, сейчас восточная область Испании – были настоль-

ко серьезно поражены, что по-настоящему так и не восстановились.

Дистиллированные спиртные напитки впервые были разработаны в XII веке в Италии. И вот вдруг два века спустя стали популярными. Дело в том, что крепкий напиток считали предупредительным средством против инфекции. Это было не так, но в тех обстоятельствах делало менее озабоченным того, кто пил. Так в Европе возникло пьянство, оно осталось и после того, как ушла чума; конечно, она ушла не навсегда. Чума также расстроила феодальную экономику, и очень серьезно, она ведь существенно сократила трудовые ресурсы. Она настолько же сильно разрушила феодализм, как и изобретение пороха<sup>9</sup>.

Эпидемии чумы были и после, но ни одна не могла сравниться ужасом и разрухой с «черной смертью». В 1664 и 1665 годах бубонная чума охватила Лондон и унесла жизни 75 000 человек.

Холера, которая всегда имела место в Индии как «эндемическая» болезнь, то есть носила характер вспышек, то и дело разгоралась и становилась «эпидемической». Европу посещали смертоносные эпидемии холеры в 1831 году, затем

---

<sup>9</sup> Может быть, наиболее огорчительны связанные с «черной смертью» сведения, раскрывающие ужасное нутро человеческой природы. В это время шли первые десятилетия Столетней войны между Англией и Францией. И хотя «черная смерть» приводила в отчаяние обе нации и почти уничтожила и ту и другую, война продолжалась. В самом большом кризисе, с которым столкнулось человечество, не возникло и мысли о мире.

снова в 1848 и 1853. Тропическое заболевание желтая лихорадка распространялось моряками и в более северных портах, так что периодически ею косились и американские города. Даже в 1905 году была ужасная эпидемия желтой лихорадки в Новом Орлеане.

Наиболее серьезной эпидемией со времен «черной смерти» была «испанская инфлюэнца»<sup>1</sup>, которая охватила мир в 1918 году и за один год унесла 30 миллионов жизней во всем мире, и около 600 000 из них в Соединенных Штатах. Для сравнения: за четыре года Первой мировой войны, как раз перед 1918 годом, погибло 8 миллионов человек. Однако эпидемия инфлюэнцы истребила менее 2 процентов населения мира, так что „черная смерть“ остается непревзойденной.

Инфекционное заболевание может, конечно, поразить не только *Homo sapiens*, но и другие виды. В 1904 году на каштанах в Нью-Йоркском Зоологическом саду обнаружили «болезнь каштанов», а дней через двадцать каждый каштан в Соединенных Штатах был поражен этой болезнью. Опять же в 1930 году в Нью-Йорке обнаружилось заболевание голландского вяза и с большой скоростью 'В просторечии – «испанка», одна из форм инфлюэнцы (гриппа), сведения о которой впервые поступили из Испании. Грипп и теперь очень часто приобретает новые формы. В 2000 году английские ученые высказали предположение, что различные виды вируса гриппа поступают из космоса, и в обоснование приво-



дят совпадение эпидемий гриппа с повышением солнечной активности.

распространилось. С ним борются всеми средствами современной ботанической науки, но вязаы продолжают погибать, и, сколько их может быть в конце концов спасено, неясно.

Иногда люди могут использовать заболевания животных в качестве пестицида. В 1859 году в Австралию был завезен кролик, и в отсутствие естественных врагов он размножился с дикой наглостью. За пятьдесят лет он заполонил все уголки континента, и, казалось, люди уже не в силах снизить численность этих животных. Тогда в 50-е годы XX века решили внедрить эндемическое заболевание кроликов под названием «инфекционный миксематоз», которым болели кролики в Южной Америке. Для австралийских кроликов, которые никогда им не болели, оно оказалось особо заразным и смертоносным. Почти сразу кролики стали умирать миллионами. Они, конечно, не были полностью истреблены, и все выжившие стали гораздо устойчивее к болезни, но даже сейчас популяция кролика в Австралии намного ниже своего пика.

Заболевания растений и животных могут непосредственно и бедственно воздействовать на экономику. В 1872 году в Соединенных Штатах эпидемия охватила лошадей. Против нее не было никаких средств. Никто тогда не понимал, что она разносилась москитами, и, до того как она затихла, четверть американских лошадей была уничтожена. Но это пред-

ставляло собой не только серьезные потери собственности, лошади в то время были важным средством тягловой силы. Работа сельского хозяйства и промышленности была нарушена, эпидемия способствовала наступлению депрессии.

Инфекционные заболевания не раз уничтожали урожаи, принося бедствия. «Бледная порча» (Late blight) погубила в 1845 году урожай картофеля в Ирландии, и треть населения острова умерла голодной смертью или эмигрировала. До сегодняшних дней Ирландия не восстановила потерю населения от голода. Если говорить о Соединенных Штатах, то в 1846 году та же самая болезнь уничтожила половину урожая томатов на востоке страны.

Очевидно, инфекционное заболевание может быть более опасным для существования человека, чем животных, и было бы разумно задуматься, не послужит ли оно окончательной катастрофой еще до того, как наступят ледники, и, безусловно, до того, как Солнце начнет продвигаться к состоянию красного гиганта.

Что стоит между подобной катастрофой и нами, так это – новые знания о причинах инфекционных заболеваний и о методах борьбы с ними, которые мы приобрели за последние полтора столетия.

## **Микроорганизмы**

На протяжении почти всей истории люди не имели ника-

кой защиты от инфекционных заболеваний. И, конечно, даже сам факт инфекции не признавался ни в древности, ни в средние века. Когда начиналась массовая гибель людей, обычно заключали, что это рассерженный бог мстит по той или иной причине. Летели стрелы Аполлона, и одну смерть не связывали с другой. Со всеми смертями был в равной степени связан Аполлон.

Библия рассказывает о ряде эпидемий, и в каждом случае именно гнев Бога обрушивался на грешников, как во Второй книге Царств (гл. 24). Во времена Нового завета говорили о вселении в человека дьявола и о том, как Иисус и апостолы изгоняли дьявола. Библейский авторитет таким образом создал теорию, которая существует до сих пор, и свидетельством тому популярность такого фильма, как «Экзорцист» (Заклинатель, изгоняющий дьявола).

Так как причиной болезни считалось божественное или демоническое воздействие, инфекция оставалась незамеченной. К счастью, Библия содержит также указания по изоляции больных проказой (название это относилось не только к собственно проказе, но и к другим, менее серьезным поражениям кожи). Библейская практика изолирования была вызвана скорее религиозными причинами, чем гигиеническими, потому что заразность проказы довольно низка. По авторитетным библейским указаниям прокаженные изолировались и в средние века, хотя люди с по-настоящему заразными заболеваниями не изолировались. Практика изоляции

заставила некоторых врачей рассматривать ее в связи с болезнями вообще. Необъятный ужас «черной смерти» в особенности помог распространить понятие о карантине, название которого первоначально связано с изолированием на срок (по-французски *quarante*) дней.

То, что изоляция действительно замедляла распространение болезни, заставило заметить, что заразность связана с заболеванием. Первым, кто детально занялся этой проблемой, был итальянский врач Джироламо Фракасторо (1478—1553). Он рассудил, что болезнь может распространяться путем прямого контакта здорового человека с больным, или путем косвенного контакта через зараженные предметы, или даже путем передачи на расстояние. Он предположил, что существуют крошечные тела, слишком маленькие, чтобы их можно было видеть, и они переходят от больного человека к здоровому, и что эти тела имеют способность саморазмножаться.

Это был замечательный пример проницательности, но у Фракасторо не было доказательств для поддержки своей теории. Если дойти до того, чтобы признать существование мелких невидимых тел, прыгающих с одного человека на другого, и сделать это исключительно из-за веры в это, то ведь можно признать и невидимых демонов.

Впрочем, мелкие тела не остались невидимыми. Уже во времена Фракасторо в помощь зрению применялись линзы. К 1608 году научились использовать сочетания линз для уве-

личения отдаленных объектов и появился телескоп. Не потребовалось значительных изменений для того, чтобы использовать линзы для увеличения мелких объектов. Итальянский физиолог Марчелло Мальпиги (1628—1694) первым использовал микроскоп и докладывал о своих наблюдениях в 50-е годы XVII века.

Голландский мастер-оптик Антон ван Левенгук (1632—1723) тщательно отшлифовал маленькие, но отличные линзы, и они дали ему такое хорошее увеличение мелких предметов, которого еще не добивался никто в мире. В 1677 году он поместил воду из канавы в фокус одной из своих маленьких линз и обнаружил живые организмы, слишком маленькие, чтобы видеть их невооруженным глазом, но каждый столь же живой, как кит, слон или человек. Это были одноклеточные животные, которых мы теперь называем «протозоа» – простейшие.

В 1683 году Левенгук открыл структуры еще мельче, чем простейшие. Они были на пределе видимости даже при его самых лучших линзах, но по рисункам, изображающим то, что он видел, ясно, что он открыл бактерии, самые мелкие клеточные живые существа.

Чтобы сделать больше, чем Левенгук, надо было иметь намного более сильные микроскопы, а их совершенствовались медленно. Следующим был датский биолог Отто Фридрих Мюллер (1730—1784), который написал о бактериях в книге, опубликованной посмертно в 1786 году.

Оглядываясь назад, кажется, можно было бы догадаться, что бактерии – это и есть переносчики инфекции Фракасторо, но не было доказательств, да и наблюдения Мюллера были еще настолько сомнительными, что даже не привели к общему мнению, что бактерии существуют или что они живые, если существуют.

Английский оптик Джозеф Джексон Листер (1786—1869) сконструировал в 1830 году ахроматический микроскоп. До того времени применяемые линзы преломляли свет в радугу, так что мелкие объекты обрамлялись цветом и их нельзя было видеть четко. Листер скомбинировал линзы из различных видов стекла таким образом, что убрал цвета.

При отсутствии цветов мелкие объекты были видны более четко, и в 60-е годы XIX века немецкий ботаник Фердинанд Юлиус Кон (1828—1898) увидел и впервые по-настоящему убедительно описал бактерии.

Только с работы Кона берет начало наука бактериология, и всем стало ясно, что бактерии существуют.

Тем временем некоторые врачи, даже без всяких ссылок на существование агентов Фракасторо, разрабатывали новые методы борьбы с инфекциями.

Венгерский терапевт Игнац Филипп Земмельвейс (1818—1865) уверял, что родильная горячка, которая погубила так много женщин при родах, распространяется самими врачами, поскольку они часто прямо после вскрытия трупов направлялись к женщинам, мучающимся в родах. Он боролся

за то, чтобы врачи мыли руки перед посещением рожениц, и, когда ему удалось добиться соблюдения этого правила в 1847 году, число случаев родильной горячки резко снизилось. Однако оскорбленные доктора, гордые своей профессиональной грязью, взбунтовались, и им снова позволили работать грязными руками. Число случаев родильной горячки снова поднялось с той же быстротой, как и упало ранее, но это не беспокоило докторов.

Решающий перелом наступил благодаря трудам французского химика Луи Пастера (1822—1895). Он был химиком, но свою деятельность все больше и больше посвящал работе с микроскопами и микроорганизмами. В 1865 году он занялся исследованием заболевания шелковичного червя, которое губило шелковую промышленность Франции. Используя свой микроскоп, он обнаружил мелких паразитов, которые прямо кишели на шелковичных червях и на листьях тутового дерева, которыми они питались. Решение Пастера было радикальным, но рациональным: все пораженные черви и пораженные листья должны быть уничтожены. Новые плантации должны быть населены здоровыми червями, и заболевание исчезнет. Его совету последовали, и шелковая промышленность Франции была спасена.

Это заставило Пастера проявить интерес к инфекционным заболеваниям. Ему казалось, что если болезнь шелковичных червей была вызвана микроскопическими паразитами, то и другие заболевания могут вызываться ими. Так ро-

дилась «микробная теория». Невидимыми агентами Фракасторо были микроорганизмы, часто бактерии, которых ясно увидел Кон.

Теперь появилась возможность сознательно атаковать заболевания, используя достижения, введенные в медицину еще за полвека до этого. В 1798 году английский врач Эдвард Дженнер (1749—1823) доказал, что люди, привитые ослабленной болезнью коровьей оспы, или вакциной (по-латыни «вакка» – корова), приобретали иммунитет не только к самой коровьей оспе, но также и к связанной с ней оспе, такой заразной и опасной болезни. Метод «вакцинации» по существу положил конец распространению опустошительной оспы.

К сожалению, не было установлено, чтобы другие заболевания существовали в таких удобных парах с болезнью мягкой, но предоставляющей иммунитет от своей серьезной напарницы. Тем не менее с понятием о микробной теории методу можно было дополнить еще одним способом.

Пастер определил микробы, связанные с определенными болезнями, затем ослабил эти микробы путем нагревания или другими способами и использовал ослабленных микробов для прививки. Болезнь протекала в очень мягкой форме и вырабатывался иммунитет. Первые такие прививки были опробованы на сибирской язве, смертоносном заболевании, которое уничтожало стада домашних животных.

Аналогичная работа, и даже более успешно, была про-



делана немецким бактериологом Робертом Кохом (1843—1910). Им были также разработаны антитоксины, вещества, нейтрализующие бактериальные яды.

Тем временем английский хирург Джозеф Листер (1827—1912), сын изобретателя ахроматического микроскопа, довел до конца работу Земмельвейса. Как только он узнал об исследованиях Пастера, у него в оправдание появилось убедительное логическое обоснование, и он начал настаивать, чтобы до операции хирурги мыли руки в растворе химикатов, убивающих бактерий. С 1867 года практика «антисептической хирургии» быстро распространилась по миру.

Микробная теория также ускорила утверждение таких рациональных превентивных мер личной гигиены, как мытье рук, купание, тщательное удаление отходов, поддержание чистоты пищи и воды. Лидерами в пропаганде этих основ были немецкие ученые Макс Йозеф Петтенкофер (1818—1901) и Рудольф Вирхов (1821—1902). Сами они не принимали микробной теории болезней, но поскольку другие ее приняли, их рекомендации вскоре были широко распространены.

Вдобавок было установлено, что такие заболевания, как желтая лихорадка и малярия, переносятся комарами и москитами, сыпной тиф – вшами, лихорадку в Скалистых горах переносят клещи, бубонную чуму – блохи и так далее. Меры, принимаемые против этих переносящих микробы организмов, помогали снизить заболеваемость. Участниками подоб-

ных открытий были американцы Уолтер Рид (1851—1902), Говард Тейлор Риккетс (1871—1910) и француз Шарль-Жан Николь (1866—1936).

Немецкий бактериолог Поль Эрлих (1854—1915) был пионером в использовании специальных химикатов, которые убивают определенные бактерии, не убивая человека, в котором они существовали. Его наиболее важное открытие сделано в 1910 году, когда он нашел соединение мышьяка, которое активно действовало против бактерии, вызывающей заболевание сифилисом.

Это направление в работе достигло кульминации с открытием антибактериального эффекта сульфаниламидов и связанных с ними соединений и антибиотиков. Начало разработке сульфаниламидных препаратов (В их число входят такие широко известные, как стрептоцид, сульфидин, сульфазол, норсульфазол, сульфадимезин, дисульфан и другие) положил в 1935 году труд немецкого биохимика Герхарда Домагга (1895—1964), а разработке антибиотиков – труд американского микробиолога французского происхождения Рене Жюля Дюбо (р. 1901), опубликованный в 1939 году. В 1955 году, благодаря вакцине, созданной американским микробиологом Джонасом Эдвардом Сальком (р. 1914), была одержана победа над полиомиелитом.

И все же победа не полная. Правда, свирепствовавшая когда-то оспа, по-видимому, полностью изжита. Насколько нам известно, не зарегистрировано ни одного случая. Однако су-

существуют такие инфекционные заболевания, как ряд обнаруженных в Африке, которые очень заразны, неизлечимы и дают практически 100 процентную смертность. Строгие гигиенические меры позволили заняться изучением этих болезней без опасности заразиться, и несомненно будут разработаны эффективные контрмеры.

## **Новая болезнь**

Может показаться, что поскольку наша цивилизация продолжает существовать и наша медицина твердо стоит на ногах, нам уже не угрожает опасность, что инфекционное заболевание породит катастрофу или хотя бы нечто похожее на «черную смерть» или «испанку». Однако и известные заболевания таят в себе потенциальную возможность возникновения в новых формах.

Человеческое тело (и тела всех живых организмов) имеет естественные защитные силы против вторжения чужеродных организмов. В кровеносной системе вырабатываются антитела, которые нейтрализуют токсины или даже сами микроорганизмы. Белые кровяные тельца физически атакуют бактерии (Уже после публикации этой книги было обнаружено новое страшное заболевание, радикальных средств борьбы с ним пока еще не найдено – это СПИД или синдром приобретенного иммунодефицита. Как следует из названия, оно состоит в том, что организм человека лишается защиты от

вторжения чужеродных тел. Исход смертелен, и смерть может наступить от любой другой болезни, которая обычно не ведет к такому исходу).

Эволюционные процессы в общем ведут борьбу на равных. Организмы, которые более эффективны в самозащите от микробов, имеют тенденцию выживать и передавать свою эффективность по наследству. Однако микроорганизмы намного меньше насекомых и намного более плодовиты. И хотя отдельные микроорганизмы по сути совершенно не имеют значения, они эволюционируют гораздо быстрее.

Возьмем несчетное количество микроорганизмов какого-либо определенного вида, которые непрерывно множатся путем деления клеток, при этом, постоянно происходит огромное количество мутаций. Такие мутации способны сделать определенную болезнь намного более заразной и смертельной. К тому же мутация может существенно изменить химическую природу микроорганизмов, так что антитела вырабатываемые организмом, принявшим инфекцию, уже больше не действуют. Результатом является неожиданная стремительная атака – эпидемия. «Черная смерть» была без сомнения принесена мутантным видом микроорганизма, вызвавшего ее.

Все же в конечном счете люди, которые наиболее восприимчивы, умирают, а относительно устойчивые – выживают, так что сила заболевания снижается. Является ли в таком случае победа человека над болезнетворными микробами

перманентной? Не могут ли возникнуть новые мутантные виды бактерий? Могут, и возникают. Каждые несколько лет возникает, чтобы докучать нам, новый вирус гриппа. Однако можно произвести вакцину против подобного нового вируса, как только он появился. Так, например, когда в 1976 году зарегистрировали единственный случай «свиного гриппа», была произведена массовая вакцинация. Оказалось, что она была не нужна, но она показала, что можно делать.

Конечно, эволюция работает также и в другом направлении. Бесконтрольное применение антибиотиков ведет к истреблению наиболее успешно действующих микроорганизмов, в то время как относительно устойчивые могут ускользнуть. Они размножаются, и возникает устойчивая разновидность, с которой антибиотики уже не могут справиться. Таким образом мы, возможно, создаем новые заболевания, так сказать, своими действиями в борьбе со старыми. Тут, однако, можно попытаться применять большие дозы старых антибиотиков или использовать новые.

Может показаться, что мы в состоянии по крайней мере сдерживать свои собственные заболевания, а это означает, что мы намного ушли вперед, если посмотреть на ситуацию, какой она была двести лет назад. И все же не способно ли какое-нибудь заболевание неожиданно поразить людей таким неизвестным способом и настолько смертоносно, что у нас не будет никакой защиты и мы будем стерты с лица Земли? И в особенности, не может ли нас поразить «чума из космо-

са», как это описывает Майкл Крайтон в романе-бестселлере «Бацилла с Андромеды» (The Andromeda Strain)?

Предусмотрительные работники НАСА учитывают это. Они осторожны и стерилизуют предметы, которые посылают на другие планеты, чтобы свести до минимума шанс распространения земных микроорганизмов на чужой почве и таким образом не затруднить возможное изучение местных микроорганизмов на той или иной планете. Они также помещали астронавтов после возвращения с Луны в карантин до тех пор пока не удостоверяться, что их не поразила никакая лунная инфекция (Подобные меры с самого начала предусмотрены всей мировой космонавтикой).

Но это представляется излишней предосторожностью. На самом деле шансов для жизни подобных микроорганизмов где-нибудь еще в Солнечной системе чрезвычайно мало, и с каждым новым исследованием планетарных тел, по-видимому, становится еще меньше (Однако американский космический корабль «Галилей», завершивший свою миссию 6 декабря 1997 года, принес обнадеживающие сведения. Обследуя спутник Юпитера Европу, он передал на Землю фотографии ее поверхности. Изучив снимки планеты, поверхность которой покрыта слоем льда, американские ученые пришли к выводу, что под толстым слоем льда плещется гигантский океан. Планета подвергается чудовищному гравитационному влиянию Юпитера, и возникающие приливные деформации сильно разогревают внутренние слои Европы. Выделя-

емого тепла достаточно, чтобы под слоем льда могла поместиться вода. «Сочетание внутреннего тепла, жидкой воды и органических веществ, заносимых кометами или метеоритами, означает, что на Европе есть ключевые ингредиенты для жизни», – к такому выводу пришел в 1998 году американский профессор геологии Джеймс Хэд. В 2003 году к Европе намечено отправить межпланетную космическую станцию.). А как насчет жизни вне Солнечной системы? Тут таится еще одно вторжение из межзвездного пространства, которое пока не обсуждалось – прибытие чужеродных видов микроскопической жизни.

Первым, кто занялся изучением этой проблемы с научным беспристрастием, был шведский химик Сванте Август Аррениус (1859—1927). Он интересовался проблемой происхождения жизни. Ему казалось, что она вполне могла быть распространенной во Вселенной и что она могла распространяться благодаря, так сказать, инфекции.

В 1908 году он заявил, что споры бактерий могли быть занесены в верхние слои атмосферы случайными ветрами, а некоторые вполне могли быть так же унесены с Земли, так что Земля (и любая другая планета, предположительно обладающая жизнью) могла бы рассеивать обладающие жизнью споры. Такое предположение получило название «панспермия».

Споры, как указывал Аррениус, могут выдержать холод и безвоздушное пространство космоса в течение очень про-

должительного времени. Их могло бы относить от Солнца и из Солнечной системы с помощью давления радиации (сегодня мы бы сказали – солнечным ветром). В конце концов они могли бы прибыть на другую планету. По предположению Аррениуса, подобные споры могли именно так прибыть на Землю, когда жизнь на ней еще не сформировалась, и что жизнь на Земле была результатом прибытия таких спор, и что все мы от этих спор исходим (Недавно Фрэнсис Крик высказал предположение о возможности намеренного засева Земли экстратеррестриальными, т. е. внеземными умами. Это уже своего рода «направленная панспермия»).

Если это так, то не может ли быть, что панспермия происходит и сегодня? Не может ли быть, что споры продолжают поступать и сегодня, прямо сейчас? Не были ли чужеродные споры причиной, породившей «черную смерть»? Может быть, завтра они породят еще худшую «черную смерть»?

В этой аргументации есть один убийственный изъян, который не был очевиден в 1908 году, и состоит он в том, что хотя на споры и не воздействуют холод и вакуум, они очень чувствительны к такой энергетичной радиации, как ультрафиолетовые лучи. Вероятно, они были бы уничтожены радиацией своей собственной звезды, если бы они были отпущены некой отдаленной звездой, а если бы они как-то выдержали это, их бы уничтожил ультрафиолет нашего Солнца, причем еще до того как они приблизились бы достаточно близко, чтобы войти в атмосферу Земли.



Все же не могло ли быть так, что какие-то споры относительно устойчивы к ультрафиолету или им как-то повезло и они спаслись? Если так, то, вероятно, не нужно принимать за очевидность существование далеких планет с жизнью на них (поскольку об их существовании нет прямых свидетельств, хотя допущений в пользу их существования более чем достаточно). А как насчет облаков пыли и газа, которые существуют в межзвездном пространстве и которые теперь можно изучить детально?

В 30-е годы признавали, что межзвездное пространство содержит очень тонкое распыление отдельных атомов, в основном водорода, и что межзвездные облака пыли и газа должны иметь несколько более плотное распыление. Астрономы восприняли это как само собой разумеющееся, однако даже при своей наибольшей плотности такие распыления состоят из атомов. Для того, чтобы получилось соединение атомов, двум атомам необходимо столкнуться друг с другом, а это не считалось особенно вероятным явлением.

Кроме того, если образовались соединения атомов, то для того, чтобы быть обнаруженными, они должны оказаться между нами и яркой звездой и поглощать часть света этой звезды на свойственной им длине волны, потерю которой мы могли бы обнаружить, и они должны оказаться тут в таком количестве, чтобы поглощение было настолько сильным, что давало бы возможность его обнаружить. Это также казалось маловероятным.

Однако в 1937 году эти требования были удовлетворены и были обнаружены соединения углерод-водород (СН, или метилен радикальный) и соединения углерод-азот (СN, или цианоген радикальный).

После Второй мировой войны была разработана радиоастрономия, и она стала новым мощным инструментом. В диапазоне видимого света определенные соединения атомов могли быть обнаружены только в силу их характерного поглощения звездного света. Однако отдельные атомы в таких соединениях крутятся, поворачиваются и вибрируют, и эти движения испускают радиоволны, которые теперь могут быть обнаружены с большой точностью. Из лабораторных опытов было известно, что различные соединения атомов испускают радиоволны различной, характерной только для них длины, и определенное соединение атомов могло быть безошибочно идентифицировано. В 1963 году было обнаружено не менее четырех радиоволн, и все характерные для соединения кислород-водород (ОН, или гидроксил радикальный).

До 1968 года были известны только такие двухатомные соединения, как СН, СN и ОН, и это уже было достаточно удивительно. Но никто не ожидал, что существуют там и трехатомные соединения, поскольку не так уж много шансов, чтобы столкнулись два атома и держались друг с другом, а тут еще нужен третий атом.

Тем не менее в 1968 году в межзвездных облаках, благодаря характерной радиоволновой радиации, была обнару-

жена трехатомная молекула воды  $H_2O$  и даже четырехатомная молекула аммиака  $NH_3$ . С того времени список обнаруживаемых химических веществ стал быстро расти, найдены соединения до семи атомов. Все более сложные соединения включают атом углерода, так что можно заподозрить, что в межзвездном пространстве могут существовать даже такие сложные молекулы, как аминокислотные строительные блоки из протеинов, но, наверное, в таких незначительных количествах, что их пока нельзя обнаружить.

Если пойти еще дальше, то не могут ли в этих межзвездных облаках развиться простейшие формы жизни? Здесь даже не надо ссылаться на ультрафиолетовый свет, потому что звезды могут быть от них очень далеко, а пыль облаков сама может служить защитным зонтиком.

В таком случае нет ли в будущем такой возможности, что Земля, проходя сквозь такие облака, может подобрать какие-нибудь из этих микроорганизмов (окружающие частицы пыли защитят их также и от ультрафиолетовой радиации нашего Солнца), и эти микроорганизмы вызовут какое-нибудь заболевание, совершенно чуждое нам, против которого у нас не найдется никакого средства, и все мы умрем?

Астроном Фред Хойль пошел еще дальше в этом отношении. Он обратился к изучению комет, которые, как известно, содержат соединения атомов, во многом похожие на имеющиеся в межзвездных облаках, только вещество в кометах гораздо более плотно спрессовано, чем в межзвездных обла-

ках. Кометы при подходе к Солнцу испускают обширное облако пыли и газа, которое солнечным ветром формируется в длинный хвост.

Кометы гораздо ближе к Земле, чем межзвездные облака, и более вероятно, что Земля пройдет через хвост кометы, чем через межзвездное облако. Как я упоминал выше, в 1910 году Земля проходила через хвост кометы Галлея раньше, и не встретимся ли мы с катастрофой подобного рода непредсказуемо? На самом деле все это представляется в высшей степени невероятным. Даже если в межзвездных облаках или в кометах образуются вещества, достаточно сложные для того, чтобы быть живыми, много ли шансов на то, что они просто случайно будут обладать качествами, необходимыми для атаки на людей (или на любые другие живые организмы).

Хвост кометы настолько разрежен и вакуумообразен, что он никак не может нанести нам существенного ущерба ни нарушением движения Земли, ни загрязнением атмосферы. Однако не могли ли мы подхватить из него несколько неизвестных нам микроорганизмов, которые, размножившись, а может быть, и претерпев мутации в своем новом окружении, ударят по нам со смертельным эффектом?

Например, не была ли «испанка» 1918 года порождена прохождением Земли через хвост кометы Галлея? Не были ли другие страшные эпидемии вызваны таким же образом? Если так, то не может ли новое прохождение через хвост кометы когда-нибудь в будущем породить новую болезнь, бо-

лее смертоносную, чем были.

Не забывайте, что лишь очень малая часть микробов является патогенной и вызывает болезни. Большинство патогенных микробов будет вызывать болезнь только в отдельном организме или небольшой группе организмов, а в остальных случаях они будут безвредны. (Например, ни одному человеку не надо опасаться подхватить заболевание голландского вяза, так же как и дубу не надо этого опасаться. Ни тот, ни другой, ни вяз и ни дуб не могут простудиться от холода.) Микроорганизм, чтобы быть эффективным в возбуждении болезни у определенного хозяина, должен быть сложным образом приспособлен к задаче. Чтобы чужеродный организм, случайно образовавшийся в глубинах межзвездного пространства или в комете, мог просто случайно приспособиться химически и физиологически для успешного паразитирования на человеке, об этом не может быть и речи.

И все же опасность инфекционных заболеваний в новой и неожиданной форме полностью при этом не устраняется (Возможные последствия эпидемии новой формы инфекционной болезни описаны американским писателем Джеком Лондоном в произведении «Алая чума». Истребив почти все человечество, эпидемия отбросила немногих уцелевших людей на стадию первобытного существования). Позднее будет случай вернуться к этому вопросу и рассмотреть его с совершенно другой точки зрения.

# 13. Конфликт интеллектов

## Нечеловеческий интеллект

В предыдущей главе мы рассмотрели опасности, грозящие человечеству от других видов жизни, и установили, что противостояние человечества другим конкурирующим видам ведет от победы в самом лучшем случае до сохранения неизменным положения в самом худшем случае. И даже когда существует устойчивое положение, передовая технология вполне может привести к победе!

Несомненно, поражение человечества в борьбе с каким-либо нечеловеческим видом, если сохраняется в целости техника и если цивилизация не ослаблена другими факторами, не представляется особенно вероятным.

Однако эти формы жизни, которые, на наш взгляд, не имеют никакого реального шанса стереть человечество с лица Земли, обладают одной общей чертой – они не стоят на одном уровне интеллекта с *Homo sapiens*.

Даже когда нечеловеческая жизнь одерживает частичную победу, например, если колонна муравьев вдруг одолеет отдельную личность, с которой столкнулась, или если размножающиеся чумные бактерии сметают с лица Земли миллионы людей, – это результат более или менее автоматического

и неизменяемого поведения со стороны временно побеждающего противника. Люди как вид, набравшись сил, способны создать контратакующую стратегию и в результате контратаки либо уничтожить противника, либо, по меньшей мере, сдержать его – так во всяком случае было до сих пор. И, насколько мы можем судить, ситуация вряд ли будет ухудшаться в будущем.

Что же, однако, будет если нам придется столкнуться с организмами, такими же разумными, как и мы? Не встанем ли мы перед угрозой полного уничтожения? Впрочем, найдем ли мы на Земле равных себе по интеллекту?

Наиболее разумные животные помимо людей – слоны, медведи, собаки, даже шимпанзе и гориллы – просто не из нашего класса. Никто из них ни на мгновение не в состоянии противостоять нам, если человечество безжалостно использует свою технологию.

Если рассматривать мозг как материальный носитель интеллекта, то человеческий мозг с его наибольшей средней массой для обоих полов 1,45 килограмма очень близок к самому крупному существующему сейчас, либо существовавшему в прошлом. Только гигантские млекопитающие, слоны и киты, обладают более массивным мозгом.

Самый крупный мозг слона может достигать 6 килограммов, то есть почти в четыре раза больше мозга человека, а самый крупный мозг кита имеет рекордную массу для всех времен и составляет 9 килограммов, то есть более чем в

шесть раз больше мозга человека.

Такой крупный мозг управляет намного большей массой тела, чем мозг человека. Самый крупный мозг слона по массе может быть в четыре раза больше человеческого мозга, но тело слона по массе может быть в 100 раз больше тела человека. И если каждый килограмм человеческого мозга управляет 50 килограммами тела человека, то каждый килограмм мозга слона управляет 1200 килограммами тела слона. У крупного кита каждому килограмму его мозга приходится управлять по крайней мере 10 000 килограммами тела кита.

Если вычесть то, что необходимо для координации тела, то и у слона, и у кита остается в мозгу меньше массы для абстрактного мышления, и представляется, что, несмотря на величину мозга, человек, несомненно, намного более разумен, чем азиатский слон или кашалот.

Конечно, в пределах определенных групп родственных организмов отношение мозг-тело имеет тенденцию увеличиваться с уменьшением размера тела. У некоторых малых обезьян (и у некоторых колибри) это отношение таково, что на каждый грамм мозга приходится лишь 17,5 граммов тела. Тут, однако, абсолютные массы настолько малы, что мозг такой обезьяны (или колибри) просто недостаточно велик, чтобы обладать сложностью, необходимой для абстрактного мышления.

Таким образом, человек оказывается в «золотой середи-



не». Любое существо с мозгом, гораздо большим, чем наш, имеет тело настолько огромное, что интеллект, сопоставимый с нашим, просто невозможен. И наоборот, любое существо, у которого отношение мозг-тело больше, чем у человека, обладает мозгом настолько маленьким по его абсолютной величине, что интеллект, сопоставимый с нашим, также невозможен.

Это оставляет нас на вершине в одиночестве – или почти в одиночестве. Среди китов и их сородичей отношение мозг-тело также имеет тенденцию увеличиваться с уменьшением размеров тела. Как же обстоит дело с самыми мелкими представителями группы? Некоторые дельфины и морские свиньи по весу не больше человека, однако имеют мозг, который больше человеческого. Мозг дельфина может иметь вес до 1,7 килограмма, и это на 1/6 больше мозга человека. Мозг дельфина также имеет больше извилин.

Может ли тогда дельфин быть разумнее человека? Конечно, представляется, что дельфин чрезвычайно разумен для животного. У него, вероятно, имеется своеобразная система речи, его можно научить устраивать хорошее представление, и, очевидно, он получает от этого удовольствие. Однако жизнь в море, в условиях формирования обтекаемого тела для быстрого движения в водной среде, лишила дельфинов манипулятивных органов, эквивалентных человеческим рукам. К тому же, поскольку по естественным причинам в морской воде огонь невозможен, дельфины оказались лише-

ны сколько-нибудь заметной технологии. По двум этим причинам дельфины не в состоянии демонстрировать разум в практическом человеческом представлении.

Дельфины, возможно, обладают глубоко интроспективным (То есть основанным на наблюдении над своим собственным сознанием) и философским разумом, и если бы мы могли понять их систему коммуникаций, мы, может быть, установили бы, что их мышление вызывает большее удивление, чем мышление человека. Это, однако, не связано с предметом обсуждения данной книги. Без эквивалента рук и без технологии дельфины не могут конкурировать с нами и угрожать нам. Собственно, люди, если они захотят (а я надеюсь, что они никогда не сделают этого), могут без особых усилий полностью уничтожить семейство китовых.

А не смогут ли какие-нибудь животные развить в будущем интеллект выше, чем наш, и потом уничтожить нас? Пока человечество существует и сохраняет свою технологию – это невероятно. Эволюция не совершается большими скачками, а тащится ужасно медленно. Виды могут существенно развить свой интеллект только на протяжении сотен тысяч или, что более вероятно, через миллион лет. У людей (может быть, тоже становящихся более разумными) будет достаточно времени заметить такое изменение, и представляется логичным предположить, что если человечество увидит опасность в приросте интеллекта у какого-либо вида, то этот вид будет уничтожен (Существует особый случай возможности

скоростного прироста интеллекта вне человека, который не включает в себя эволюцию в обычном смысле этого понятия. Речь о нем пойдет ниже).

Но есть еще одно соображение. Обязательно ли, чтобы конкурент по интеллекту был земного происхождения? Выше речь шла о возможности прибытия различного рода объектов из космоса, извне Солнечной системы – звезды, черные дыры, антивещество, астероиды, облака пыли и газа, даже микроорганизмы. Остается рассмотреть еще одно (и последнее) – разумные существа. Что можно сказать о возможности их прибытия из других миров? Не могут ли они оказаться высокоразвитыми разумными существами с технологиями намного выше наших? Не сумеют ли они уничтожить нас так же легко, как могли бы мы, если бы захотели, уничтожить шимпанзе? Внеземные разумные существа пока что не появились, но не могут ли они появиться в будущем?

Мы не можем это полностью исключить. В своей книге «Внеземные цивилизации» («Краун», 1979) я выдвигаю доводы в пользу того, что технологические цивилизации вполне могут возникнуть примерно на 390 миллионах планет нашей Галактики и что в сущности все они должны быть более развиты в технологическом смысле, чем мы. И если это так, то среднее расстояние между такими цивилизациями – 40 световых лет. Таким образом, очень может быть, что в 40 световых годах от нас находится цивилизация, более развитая, чем мы. Не представляет ли это для нас опасности?

Лучший довод в пользу того, что мы можем чувствовать себя в безопасности, это тот факт, что, насколько нам известно, в прошлом никакого вторжения не было, и что на протяжении 4,6 миллиарда лет существования Земли нашей планете позволено было следовать своим собственным изолированным путем. Если мы так долго оставались в неприкосновенности в прошлом, то не разумно ли предположить, что мы будем оставаться нетронутыми на протяжении миллиардов лет и в будущем?

Конечно, появляются время от времени заявления некоторых не вполне серьезных или полурелигиозных господ о том, что внеземные разумные существа посещали Землю. Часто обнаруживаются и адепты-энтузиасты, поддерживающие эту идею, из числа тех, кто не особенно разбирается в науке. Например, существуют рассказы «наблюдателей летающих тарелок» и утверждения Эриха фон Денике (Имеется в виду известная книга Эриха фон Денике «Воспоминания о будущем» и подготовленный им одноименный кинофильм), сообщения которого о «древних астронавтах» возымели сильное действие среди околонуучных и недалеких людей.

Однако утверждения о внеземном вторжении противоречат научным данным. Даже если поверить рассказам о «летающих тарелках», они отнюдь не свидетельствуют о какой-либо опасности. Да и нет ясных признаков, что они каким-либо образом воздействуют на Землю.

Если придерживаться здравого смысла, то следует полагать, что Земля на протяжении всей своей истории существовала в изоляции, тому, по-видимому, есть три причины:

1. Есть нечто порочное в рассуждениях о данном предмете, вроде моих, и фактически никаких цивилизаций, кроме нашей, не существует.

2. Если подобные цивилизации все-таки существуют: ют, расстояния между ними настолько велики, что делают сообщения между ними невозможными.

3. Если преодоление расстояний возможно и если другие цивилизации могут достигнуть нас, они, однако, предпочитают по какой-то причине избегать нас.

Первое безусловно возможно, и все же большинство астрономов сомневалось бы. Есть нечто философски непоследовательное в мысли, что из всех звезд Галактики (а их до трех сотен миллиардов) только наше Солнце греет планету и несет ей жизнь. Поскольку существует очень много звезд, как наше Солнце, образование планетарных систем, по-видимому, неизбежно, образование жизни на любой подходящей планете тоже, по-видимому, неизбежно, а эволюции интеллекта и цивилизации тоже, по-видимому, неизбежно предоставлено достаточно времени.

Разумеется, технологические цивилизации могут развиваться миллионами, но никто не выживает очень долго. Пример положения нашей цивилизации в настоящий момент вызывает гнетущую уверенность в этом. И все-таки самоубий-

ство не должно быть неизбежным. Некоторые цивилизации вполне могут продолжить существование. Даже наша – может.

Третья причина также представляется сомнительной. Если бы преодоление расстояний между цивилизациями было возможным, то, безусловно, были бы посланы экспедиции для исследования и приобретения знаний; возможно, и для колонизации. Поскольку Галактике 15 миллиардов лет, то, может быть, некоторые цивилизации, просуществовавшие длительное время, достигли высочайшего, сложнейшего уровня.

Даже если большинство цивилизаций недолговечны, те немногие, которые окажутся долговечными, могут колонизировать заброшенные планеты и создать «звездные империи». И представляется, что в этом случае поисковые корабли подобной империи неизбежно достигли бы Солнечной системы, и планеты были бы ими исследованы.

Уфологи вполне могут ухватиться за эту линию аргументации. Но если «летающие тарелки» на самом деле поисковые корабли звездных империй, исследующие нашу планету, почему они не устанавливают контактов? Если они не хотят вмешиваться в наше развитие, почему позволяют, чтобы их замечали? Если мы им так или иначе безразличны, зачем вертеться вокруг нас в таком количестве?

Кроме того, почему они добрались до нас именно сейчас, когда наша техника развилась, как никогда ранее? И не ло-

гично ли допустить, что они могли достичь нашей планеты на протяжении предыдущих миллиардов лет, когда жизнь была примитивной, и не могли ли они тогда колонизировать нашу планету и создать свою собственную цивилизацию? Признаков этого нет, и, представляется рациональным заключить, что нас никогда не посещали.

Таким образом, остается вторая причина, которая представляется наиболее реальной из трех. Даже сорок световых лет – огромное расстояние. Скорость света в вакууме является максимальной скоростью, с которой может передвигаться какая-либо частица или может быть передана информация. Собственно говоря, частицы, обладающие массой, всегда передвигаются с меньшей скоростью, а объекты с массой, как у космического корабля, вероятно, передвигаются на значительно меньшей скорости, даже при высоком уровне технологии. (Правда, существуют гипотезы относительно возможности передвижения быстрее скорости света, но они настолько туманны, что у нас нет права предполагать, что их когда-нибудь реализуют.) Но и при подобных обстоятельствах понадобилось бы несколько веков, чтобы преодолеть расстояние между цивилизациями даже при их самом близком расположении, и не представляется вероятным, чтобы были высланы подобные завоевательные экспедиции.

Мы можем говорить и о том, что цивилизации, некогда существенно развитые, продвинулись в космос и построили автономные поселения – как когда-нибудь это сумеем сделать

мы. Эти космические поселения вполне могут быть снабжены силовыми механизмами и путешествовать по Вселенной. Во Вселенной могут существовать сотни, тысячи или даже миллионы таких поселений различных цивилизаций.

Подобные блуждающие цивилизации, однако, вполне могут приспособиться к космосу, как некоторые виды жизни приспособились к суше, когда они вышли из океана Земли. Космическим поселенцам будет, наверное, так же трудно решиться на высадку на поверхность планеты, как трудно человеку решиться броситься в пропасть. Земля, возможно, наблюдалась из глубокого космоса, возможно, и мы сумеем посылать в космос автоматические исследовательские станции, но, по-видимому, не более того (В феврале 1998 года на саммите представителей мирового бизнеса в Давосе заявлено о намерении планомерного поиска внеземных цивилизаций в течение предстоящего десятилетия под эгидой России и США. Намечено обследовать окружение ближайших звезд).

В общем, хотя научная фантастика часто преподносит нам драматические сцены вторжения на Землю и завоевания ее внеземными существами, маловероятно, чтобы подобное состоялось в обозримом будущем и могло привести к катастрофе.

И, конечно, если наше существование будет продолжаться и если технология нашей цивилизации будет продолжать развиваться, мы со временем окажемся более способными



защитить себя от вторжения.

## Война

Таким образом, единственный разумный вид, который может представлять опасность для человечества – это само человечество. И этого может оказаться достаточно. Если человеку суждено быть полностью уничтоженным в катастрофе четвертого класса, то именно человек и способен на это.

Все виды внутри себя конкурируют за пищу, за секс, за безопасность; происходят раздоры и драки, когда эти потребности у индивидуумов совпадают. В общем подобные раздоры не смертельны, поскольку отдельные особи терпят поражение и спасаются бегством, а победители тут же удовлетворяются победой.

Там, где нет высокого уровня интеллекта, нет осознания ничего, кроме настоящего, нет ясного предвидения в смысле предупреждения о будущей конкуренции, нет ясной памяти о прошлых обидах или боли. С ростом интеллекта предвидение и память неизбежно совершенствуются, и наступает момент, когда победитель не удовлетворяется добытым преимуществом, а начинает усматривать преимущество в том, чтобы убить побежденного и этим предотвратить его притязания в будущем. Также неизбежно наступает момент, когда побежденный, убежав, будет добиваться реванша, и если ему ясно, что простой бой один на один означает еще одно его

поражение, он станет искать другие средства для победы, например устроит засаду или позовет кого-нибудь на подмогу.

Короче говоря, люди неизбежно должны были прийти к войне, и не потому, что наш вид более отчаянный или более злонамеренный, а потому, что он более разумный, интеллект у него выше.

Естественно, пока люди вынуждены были сражаться только ногтями, кулаками, ногами и зубами, вряд ли можно было ожидать смертельных исходов. Царапины и рваные раны – вот чем могло закончиться сражение, а драку можно было даже рассматривать как оздоровительное упражнение.

Беда в том, что, когда человечество стало достаточно разумным, чтобы планировать конфликт с помощью памяти и предвидения, оно развило способность использовать орудия. В результате войны стали размахивать дубинками, орудовать каменными топорами, метать копья с каменными наконечниками, стрелять стрелами с каменными остриями, и битвы неуклонно становились более кровавыми. Развитие металлургии усугубило дело, камень сменила твердая и более прочная бронза, а затем еще более твердое и прочное железо.

Однако, пока человечество состояло из скитающихся групп собирателей пищи и охотников, столкновения безусловно были краткими, когда та или другая сторона чувствовала, что урон становится неприемлемо высоким, она обращалась в бегство. Не было и мысли о завоеваниях, потому что земля не стоила того. Ни одна группа людей не могла

долго задерживаться на одном месте, всегда была необходимость скитаться в поисках новых и относительно нетронутых источников пищи.

Фундаментальное изменение наступило примерно 7000 лет до н. э., когда ледники отступали и заканчивался наиболее близкий к нам ледниковый период, а люди все еще пользовались в качестве орудий камнем. Тогда на Среднем Востоке (а со временем и в других местах) люди научились собирать пищу впрок и даже обеспечивать себе производство пищи в будущем.

Они добывались этого, одомашнивая таких животных, как овцы, козы, свиньи, крупный рогатый скот, домашняя птица; они использовали их шерсть, молоко, яйца и, конечно, мясо. При правильном обращении не было шанса на истощение этого источника: животных можно было разводить, заменять их, если необходимо, причем с большей скоростью, чем они потреблялись. При этом пищу, которая была несъедобна или невкусна людям, можно было употребить в корм животным, которые были подходящей пищей.

Еще большее значение имело развитие земледелия: сознательный посев зерна, выращивание овощей, посадка плодовых деревьев. Это сделало возможным производство определенных видов пищи в таком количестве, в каком ее не было в природе.

Результатом развития скотоводства и земледелия оказалась способность людей поддерживать более плотное насе-

ление, чем было возможно ранее. В регионах, где такой прогресс был достигнут, произошел демографический взрыв.

Вторым результатом было то, что общество стало статичным. Стада нельзя было перемещать так же легко, как могло двигаться рыскающее человеческое племя, но решающим здесь явилось земледелие. Фермы вообще нельзя было передвигать. Имущество и земля стали важны, и социальный статус определялся количеством накопленной собственности.

Третьим результатом была возросшая необходимость сотрудничества и специализации. Охотящееся племя обеспечивало себя, и степень специализации в нем была низка. Сообщество фермеров было вынуждено расширять и поддерживать ирригационные каналы, пасти стада и охранять их от людей и животных, у копателя канав или у пастуха остается мало времени на другие занятия, но он может обменивать свой труд на пищу и другие необходимые вещи.

К несчастью, сотрудничество появляется не только по таким приятным поводам, а некоторые виды деятельности труднее и менее приятны, чем другие. Самый легкий путь решить эту проблему – это группе людей напасть на другую группу и, убив нескольких, заставить оставшихся делать всю неприятную работу. От нападения было непросто спастись бегством, ведь люди оказались закреплены за местом: привязаны к фермам и стадам.

Фермеры и скотоводы, часто подвергаясь нападениям, начали собираться вместе, окружать себя для защиты стенами.

Появление таких городов со стенами и означает начало цивилизации. И само слово «цивилизация» происходит от латинского, означающего «житель города».

К 3500 году до н. э. города выросли и стали сложными общественными организациями, насчитывающими много людей, уже не занимающихся ни земледелием, ни скотоводством, но выполняющих функции, необходимые для фермеров и скотоводов. Это профессиональные солдаты, ремесленники, художники и администраторы. К этому времени входило в широкую практику и использование металлов, а вскоре после 3000 года до н. э. на Среднем Востоке была разработана письменность. Это была организованная система символов, которая запечатлевала информацию на достаточно длительный период времени и с меньшими искажениями, чем память. Это положило начало историческому периоду.

Как только возникли города, в подчинении каждого из которых оказались окружающие земледельческие и скотоводческие территории (города-государства), войны-завоевания стали более организованными, более смертоносными и – неизбежными.

Первые города-государства возникали на берегах той или иной реки. Река была удобным средством сообщения для торговли и источником воды для ирригационных систем, которые делали земледелие более стабильным. Если отдельные участки реки находились под контролем разных городов-государств, всегда подозрительных друг к другу, а обыч-

но и открыто враждебных, это мешало ее использованию и как средство сообщения, и как источник воды для ирригации. Стало очевидно, что для общего блага необходимо было, чтобы река находилась под контролем одной политической единицы.

Вопрос был в том, какой же город-государство должен господствовать над рекой. Идея федерального союза всех участков, заинтересованных в использовании реки, насколько мне известно, тогда еще никому не приходила в голову и, вероятно, не была в те времена практическим способом действия. Решение о том, какому городу-государству господствовать здесь, обыкновенно предоставлялось на волю войны.

Первым правителем, которого мы знаем по имени, распространившим свою власть на значительный участок реки в результате предыдущих событий, в числе которых, возможно, было и завоевание, был египетский монарх Нармер (по более поздним греческим источникам известный как Мене). Нармер основал Первую династию около 2850 года до н. э. и правил всей нижней долиной Нила. Мы не располагаем обстоятельным рассказом о его завоеваниях, объединенное правление, вероятно, могло быть результатом наследования или дипломатии.

Первым несомненным завоевателем, первым человеком, который пришел к власти, а затем после ряда битв установил свое правление над обширным районом, был Саргон в шу-

мерском городе Агаде. Он пришел к власти около 2334 года до н. э., и перед смертью в 2305 году до н. э. под его правлением была вся долина Тигра и Евфрата. Поскольку люди, видимо, ценили способность побеждать и восхищались ею, он также известен под именем Саргона Великого.

К 2500 году до н. э. цивилизация прочно установилась в долинах четырех рек: Нила в Египте, Тигра и Евфрата в Ираке, Инда в Пакистане и Хуанхэ в Китае.

Отсюда путем захвата и торговли цивилизация неуклонно распространяется, и к 200 году нашей эры она распространилась от Атлантического океана до Тихого почти непрерывно с Запада на Восток по северным и южным берегам Средиземного моря и по Южной и Восточной Азии, с востока на запад около 13 000 километров и с севера на юг от 800 до 1600 километров. Общая площадь цивилизации в то время достигала примерно 10 миллионов квадратных километров или около 1/12 суши планеты.

Политические единицы имели тенденцию со временем расти, по мере совершенствования технологии и повышения способности транспортировать себя и материальные ценности на все большие и большие расстояния. В 200 году нашей эры цивилизованная часть мира состояла из четырех основных единиц приблизительно одинакового размера.

На самом западе, вокруг Средиземного моря, находилась Римская империя. Она достигла своего максимального размера к 116 году и была все еще реально нетронутой до 400

года.

Восточнее нее, занимая территорию, которая сейчас является Ираком, Ираном и Афганистаном, находилась Нео-Персидская империя, которая в 226 году набрала могущество с приходом к власти Ардашира I, основателя династии Сасанидов. Наибольшего процветания Персия достигла при Хосрое I около 550 года и имела очень непродолжительный территориальный максимум около 620 года при Хосрое II.

К юго-востоку от Персии находилась Индия, которая была почти объединена при Ашоке около 250 года и снова была сильной при династии Гупта, которая пришла к власти около 320 года.

Наконец, к востоку от Индии находился Китай, который примерно с 200 года до н. э. и до 200 года нашей эры был сильным при династии Хань.

## **Варвары**

Древние войны между городами-государствами, которые происходили из-за необходимости собрать их под эгидой какого-либо одного доминирующего региона, никогда по-настоящему не угрожали катастрофой. Не возникало вопроса об уничтожении рода человеческого, поскольку, даже при наличии самой что ни на есть злой воли, люди в то время не обладали достаточной мощью, чтобы сделать это.

Наиболее вероятным итогом этого рискованного челове-



ческого предприятия было более или менее намеренное истребление с трудом обретенных плодов цивилизации. (Это означало бы катастрофу пятого класса, о чем речь пойдет в последней части этой книги.) И все же, поскольку конфликт был между одним цивилизованным регионом и другим, нельзя было ожидать, что последует уничтожение цивилизации в целом – по крайней мере тогда это было не по силам цивилизованному человечеству.

Целью войны было расширить власть, добиться процветания победителя, то есть получение завоевателем постоянной дани. Но для того, чтобы получать достаточную дань, нужно было дать возможность побежденным собрать эту дань. Было невыгодно разрушать более, чем требовалось для наглядного урока.

Естественно, там, где мы имеем дело со свидетельствами завоеванных, громко звучат жалобы на жестокость и ненасытность завоевателя, на несправедливость, однако завоеванные, хотя и стонали, но выживали, и довольно часто выживали, и выживали, сохраняя достаточную силу, чтобы наконец скинуть завоевателя и самим стать завоевателями (такими же жестокими и ненасытными).

А в целом район цивилизации неуклонно увеличивался, что является лучшим доказательством того, что войны, какими бы жестокими и несправедливыми они ни были для отдельных людей, не угрожали уничтожить цивилизацию. Конечно, можно поспорить, впрямь ли марширующие армии

в качестве побочного эффекта своей деятельности распространяли цивилизацию, однако войны способствовали нововведениям, которые ускоряли прогресс человеческой технологии.

Существовал, однако, еще один вид военных действий, который был более опасен. Все цивилизованные районы в древние времена были окружены районами меньшего развития, и менее развитые народы было принято именовать «варварами». (Слово это греческого происхождения и исходит только из того факта, что чужаки говорили непонятно, и звуки их речи воспринимались греками как «варвар-вар». Все негреческие цивилизации греки называли «варварскими». Слово вошло в употребление для обозначения нецивилизованных народов, однако с сильным оттенком животной жестокости.) Варвары обычно были кочевниками (или по-гречески «номад», что означает бродить, странствовать). Имущества у них было мало, его составляли главным образом стада животных, с которыми они передвигались от пастбища к пастбищу по мере смены времен года. Их образ жизни по городским стандартам представлялся примитивным и, конечно, у них не было культурных прелестей цивилизации.

Регионы цивилизации с их накоплением пищи и товаров были сравнительно богатыми. Эти накопления являлись постоянным искушением для варваров, и они не видели ничего плохого в том, чтобы по возможности помочь себе. Очень часто такой возможности не представлялось. Цивилизован-

ные регионы были густонаселенными и организованными. Города были окружены оборонительными стенами, и наукой ведения военных действий там владели лучше. При сильных правительствах варваров и близко не подпускали.

С другой стороны, люди цивилизации были прикреплены к земле своим имуществом и были относительно неподвижны. Варвары, наоборот, были подвижны. На своих верблюдах или лошадях они могли совершать набеги, а затем удаляться, чтобы совершить набег в другой раз. Победы над ними редко были эффективными и никогда (до относительно близкого к нам времени) окончательными.

Кроме того, многие из цивилизованного населения были «невоенными», и часто можно встретить примеры того, что ради спокойной жизни в благополучном обществе развивается определенное пренебрежительное отношение к опасному и беспокойному солдатскому труду. Это означает, что многие из цивилизованных людей далеко не так предусмотрительны, как можно бы думать. И если армия цивилизованных людей по какой-либо причине терпела поражение, то относительно небольшая группа варваров расправлялась с населением, как с беспомощными жертвами.

Когда цивилизованный регион переживал падение при слабых руководителях, которые допускали ослабление армии, или когда – того хуже – в регионе происходила гражданская война, непременно следовало успешное вторжение варваров (Смущенные историки цивилизации иногда пытаются

объяснить это, говоря о варварских «ордах». Слово «орда» происходит от тюркского слова, означающего «армия», и относится к любой племенной военной группировке. Оно появилось, чтобы передать впечатление большого количества, поскольку оно якобы извиняет поражение от рук варваров, позволяет смотреть на дело так, что чьи-то цивилизованные предки были не в силах сопротивляться при подавляющем перевесе нападавших. На самом деле варварские «орды» почти всегда были немногочисленны, безусловно, менее многочисленны, чем те, кого они побеждали).

Захват варварами был намного хуже, чем обычные военные действия цивилизаций, поскольку варварам была непривычна механика цивилизации, они часто не понимали важности сохранения жертв живыми, чтобы их можно было регулярно эксплуатировать. В связи с этим часто наступал упадок цивилизации, правда, на ограниченном пространстве, и во всяком случае, на ограниченное время. Наступал «темный век».

После первого вторжения варваров достаточно естественно как следствие завоевания последовал темный век. Саргон Великий, два его сына, его внук и его правнук последовательно правили процветающей Шумеро-Аккадской империей. Однако к 2219 году до н. э., когда подошло к концу правление правнука, империя так ослабела, что гутийские варвары, пришедшие с северо-востока, стали ее основной проблемой. К 2180 году до н. э. гуттии взяли под свой контроль

долину Тигра и Евфрата, и последовал темный век длиной в столетие.

Варвары были особенно опасны, когда они овладевали новой военной техникой, которая, по крайней мере на время, делала их непобедимыми. Так, около 1750 года до н. э. племена Центральной Азии изобрели колесницы с лошадиной тягой и с ними устремились на земли Среднего Востока и Египта, надолго захватив власть.

К счастью, вторжения варваров никогда не приводили к полному уничтожению цивилизации. Темные века, даже в самые темные свои моменты, никогда не были полностью черными, и никакие варвары не могли не ощущать привлекательность цивилизации побежденных. Завоеватели становились цивилизованными (и, в свою очередь, невоенными), и в заключение цивилизации снова поднимались и обычно достигали новых высот.

Бывали времена, когда именно в цивилизованном регионе создавалась новая военная техника, и тогда регион этот тоже мог стать непобедимым. Так, в восточной части Малой Азии около 1350 года до н. э. начали выплавлять железо. Постепенно железо довольно широко распространилось, его качество улучшилось, и из него стали изготавливать оружие и доспехи. Когда к 900 году до н. э. армии Ассирии стали, можно сказать, полностью «железными», они обеспечили трехвековое господство Ассирии на западе Азии.

Нам на Западе лучше других известно варварское вторже-

ние и темный век, положившие конец западной части Римской империи. С 166 года нашей эры и далее Римская империя, пройдя в своей истории период экспансии, сражалась, защищаясь от варварского нашествия. Не раз Рим отступал и снова при сильных императорах, возвращал потерянные земли. Затем в 378 году одно из варварских племен – готты – выиграло большую битву при Адрианополе, и римские легионы были навсегда разбиты. С того времени Рим поддерживал себя еще сто лет, нанимая варваров, чтобы они сражались против других варваров.

Западные цивилизации постепенно оказались под давлением варваров, и прелести цивилизации прекратили свое существование. Италия была варваризована, а в 476 году был свергнут последний правивший в Италии римский император Ромул Август. На пять столетий установился темный век, и только в девятом веке жизнь в Западной Европе стала такой же комфортабельной, какой она была при римлянах.

И все же, хотя мы говорим об этом пост-римском темном веке приглушенным голосом, словно мировая цивилизация была на волосок от гибели, этот период остается локальным явлением, ограничивающимся тем, что сейчас называется Англией, Францией, Германией и, до определенной степени, Италией и Испанией.

Какова же была ситуация в остальных частях мира на самой низкой ступени темного века, после крушения попытки Карла Великого привести Западную Европу к какой-то сте-

пени единства, и когда регион находился под ударами новых набегов варваров – норманнов с севера и мадьяр с востока, а также цивилизованных мусульман с юга?

1. Византийская империя, которая была выжившим остатком восточной половины Римской империи, все еще была сильной, начиная от линии, разделяющей Древнюю Грецию и Рим. Более того, ее цивилизация фактически распространилась среди варваров-славян, и она приблизилась к периоду нового расцвета под правлением Македонской династии, состоявшей из череды императоров-воинов.

2. Аббасидская империя, представлявшая новую религию – ислам, поглотившая Персидскую империю и Сирию, а также африканские провинции Римской империи, находилась на пике процветания и цивилизации. Ее величайший монарх Мамун Великий (сын известного Гарун-аль-Рашида из «Тысячи и одной ночи») умер только в 833 году. Независимое царство мусульман в Испании было также на высоком уровне цивилизации (на более высоком, чем Испания смогла достигнуть за много веков спустя).

3. Индия под правлением династии Гурьяра-Прати-хара была сильной, и ее цивилизация оставалась несломленной.

4. Китай, хотя политически и неустроенный в это время, находился на высоком уровне своей культуры и цивилизации и успешно распространил свою цивилизацию на Корею и Японию.

Другими словами, общая площадь цивилизации все же

расширилась, и только далеко на западе находился регион, который пришел в упадок, регион, который составлял не более 7 процентов общей площади цивилизации.

Нашествия варваров пятого века изображаются в книгах по истории Запада устрашающе зловещими, в то время как они причинили столь относительно небольшой ущерб цивилизации в целом. Были другие варварские нашествия в более поздние века, которые оказались намного более грозными. То, что мы меньше знакомы с более поздними варварами, объясняется лишь тем, что регионы Западной Европы, которые так сильно пострадали в пятом веке, меньше страдали в более поздние века.

В течение хода истории степи Центральной Азии воспитали закаленных всадников, которые фактически жили в седле (В некотором роде они были эквивалентны ковбоям легендарного американского Запада, но там ковбои процветали лишь на протяжении двадцати пяти лет, кочевники же Центральной Азии охраняли свои стада на лошадях фактически в течение всего исторического периода). В хорошие годы при достаточном количестве дождей стада множились, и то же самое происходило с кочевниками. В следующие затем годы засухи кочевники выводили свои стада из степей во всех направлениях, громя оплоты цивилизации от Китая до Европы.

Племена кочевников, например, последовательно обосновывались там, где теперь находится Украина, на юге России,



и каждое из них заменялось новыми волнами с востока. Во времена Ассирийской империи к северу от Черного моря находились киммерийцы. Около 700 года до н. э. они были вытеснены скифами, скифов около 200 года до н. э. вытеснили сарматы, а тех около 100 года до н. э. вытеснили аланы.

Около 300 года н. э. с востока подошли гунны, и они были наиболее грозными до этого времени захватчиками из Центральной Азии. Собственно, именно их приход способствовал движению германских варваров в Римскую империю. Германцы не вели завоеваний, они бежали.

В 451 году Атиллы, наиболее могущественный из гуннских монархов, дошел до Орлеана на западе Франции, там произошла его битва с союзной армией римлян и германцев, исход которой неясен. Это был наиболее далекий запад, куда когда-либо проникали племена из Центральной Азии. Через год Атиллы умер, а его империя почти сразу же распалась.

Последовали авары, болгары, мадьяры, хазары, печенеги, половцы, причем половцы господствовали на Украине вплоть до XIII века. Каждая новая группа варваров основывала свои королевства, которые выглядели гораздо более впечатляющими на карте, чем на самом деле, потому что в таком королевстве относительно небольшая группа населения господствовала над значительно большей группой. И эта маленькая господствующая группа либо изгонялась другой маленькой группой из Центральной Азии, либо растворялась в большой группе и становилась цивилизованной – обычно

и то, и другое.

В 1162 году в Центральной Азии родился некий Темучин. Он долго добивался власти над одним из монгольских племен Центральной Азии, затем над другим, а в 1206 году, когда ему было 44 года, его провозгласили Чингисханом («Великим ханом»).

Он стал верховным правителем монголов, которые под новым руководством усовершенствовали тактику ведения военных действий. Их сильной стороной была Мобильность. На своих выносливых низкорослых лошадях, с которых у них редко возникала необходимость слезать, они могли покрывать мили и мили и наносить удары, когда их не ожидали, наносить удары так быстро, что их не успевали отразить, и уноситься прочь, прежде чем их сбитый с толку противник мобилизовывал свою тугодумную мощь на контратаку.

Что до некоторых пор не давало возможности монголам стать непобедимыми, так это то, что они главным образом сражались друг с другом, и то, что у них не было лидера, который бы знал, как использовать их потенциал. Однако с правлением Чингисхана все междоусобные драчки прекратились, и в нем монголы нашли своего лидера. Чингисхан является, собственно, одним из величайших военачальников за всю историю. Только Александр Македонский, Ганнибал, Юлий Цезарь и Наполеон могут в известной степени быть сравнимы с ним, и вполне возможно, что из всех них он был самым великим. Он превратил монголов в такую совершен-

ную машину, которой тогда еще не видел мир. Ужас при упоминании его имени достиг такой силы, что одного слова о приближении этих завоевателей было достаточно, чтобы парализовать всех на его пути, сделать невозможным сопротивление.

До своей смерти в 1227 году Чингисхан завоевал северную половину Китая и Хорезмскую империю, которая сейчас является советской Средней Азией (Ныне это территория независимых республик – Туркмении и Узбекистана). Кроме того, он подготовил своих сыновей к продолжению завоеваний, чем они и занимались. Его сын Угедей-хан унаследовал правление, под его руководством была поработана остальная часть Китая. А под водительством Батыя, внука Чингисхана, и Субутая, величайшего из его полководцев, монгольская армия продвинулась на запад.

В 1223 году, когда Чингисхан был еще жив, набег монголов на запад привел к поражению русско-половецкой армии, но это был только набег. В 1237 году монголы вторглись на Русь большим числом. В 1240 году они взяли ее столичный город Киев, и фактически вся Русь оказалась под их контролем. Они продвинулись дальше в Польшу и Венгрию и в 1241 году разбили польско-германскую армию под Лигнице. Они совершали набеги на Германию и выходили к Адриатике. Кажалось, ничто не может противостоять им, и ничто не может помешать им вымести все начисто до Атлантики. Монголов остановило лишь известие о смерти Угедея и предстоящие

выборы наследника. Армии ушли, и в то время как Русь была под монгольским правлением, территории к западу от нее оставались свободными. Монголы отличались особенно жестоким обращением с поработченными народами.

В царствование наследников Угедая Хулагу, еще один внук Чингисхана, покорил земли, которые сейчас являются Ираном, Ираком и частью Турции. В 1258 году он взял Багдад. Наконец, Хубилай-хан (тоже внук Чингисхана) занял трон в 1257 году и тридцать семь лет правил Монгольской империей, которая включала Китай, Русь, степи Центральной Азии и Средний Восток. Это была самая большая по сплошной протяженности империя, какая только существовала до той поры, впоследствии с ней могли сравниться только Российская империя да сменивший ее Советский Союз.

Монгольская империя началась с нуля и была построена тремя поколениями правителей в течение полувека.

Если цивилизация когда-либо и была потрясена снизу доверху варварскими племенами, то это именно тот случай. (А сотню лет спустя вторглась «черная смерть» – не хуже одного-двух ударов завоевателей.) И все же монголы не представляли угрозы для цивилизации. Их захватнические войны были, несомненно, кровопролитными и жестокими, эта намеренная жестокость была направлена на подчинение врагов и жертв, монголов было слишком мало, чтобы править такой обширной империей, если бы население не было до крайности напугано.

Первоначально Чингисхан собирался идти еще дальше (во всяком случае, есть такие данные). Он тешился мыслью разрушить города и превратить захваченные территории в пастбища для кочующих стад.

Сомнительно, чтобы он смог это сделать или не увидел ошибки в таком развитии событий, едва начав осуществлять свой план. Однако он так и не достиг такого положения, когда можно было попытаться сделать это. Будучи военным гением, он быстро понял значение цивилизованного образа ведения военных действий и выработал способы применения сложных технологий, необходимых для осады городов, чтобы взбираться на стены, пробивать их и так далее. И это всего лишь шаг до видения значения цивилизации, и до искусства – тоже.

Однако в одном случае все же было произведено ненужное разрушение. Армия Хулагу, захватив долину Тигра и Евфрата, бессмысленно уничтожила всю сложную систему ирригационных сооружений, которые щадили все предыдущие завоеватели, чем сохраняли цветущий центр цивилизации в течение 5000 лет. Монголами же долина Тигра и Евфрата была превращена в отсталый и бедный регион, каким он является и сейчас (В последние десятилетия этот район оказался в выгодном положении из-за наличия нефти – но это временный источник).

Как оказалось, монголы стали относительно просвещенными правителями, во всяком случае, не сильно хуже своих

предшественников, а в некоторых случаях – лучше. Хубилай-хан был особенно просвещенным и гуманным правителем, при котором обширные районы Азии пережили золотой век, какого не переживали раньше и какого им не предстояло пережить (если мы сделаем кое-какое исключение) до двадцатого века. В первый и последний раз обширный Евразийский континент оказался под единым правлением от Балтийского моря до Персидского залива и вдоль широкого пути на восток к Тихому океану.

Когда Марко Поло, человек, прибывший из крошечного клочка земли, называемого «христианским миром», посетил могущественное государство Китай, он был ошеломлен и испытал глубокое благоговение, а когда вернулся домой, люди отказывались верить его рассказам, хотя он ничуть не погрешил против правды и ничего не приукрасил.

## **От пороха к атомной бомбе**

Монгольское вторжение миновало, однако то вспыхивающая, то затухающая борьба между жителями цивилизаций и варварами-кочевниками переросла в непрерывную схватку. Но военное искусство развивалось, и это дало цивилизации перевес над варварами, который последние уже больше никогда не смогли преодолеть. Так что монголов называют «последними из варваров».

Был изобретен порох – смесь нитрата калия, серы и дре-

весного угля. Порох впервые дал в руки человечества взрывчатое вещество (За пять веков до этого Византийская империя создала химическое оружие под названием «греческий огонь», смесь веществ (точный состав неизвестен), которая могла гореть на воде. Она была использована для отражения арабского и русского флотов и несколько раз спасала Константинополь от захвата. Это, однако, было не взрывчатое вещество, а зажигательное). Это вызвало необходимость все в большей и большей степени организованного производства для изготовления пороха. Пороха у варварских племен не было.

Порох, очевидно, происхождением из Китая, там он использовался для фейерверков еще в 1160 году. Конечно, может быть, именно нашествие монголов и широкая дорога, которую огромная империя предоставила для торговли, способствовали появлению сведений о порохе в Европе (А также сведения о других технических новшествах, особенно о бумаге и о компасе).

В Европе, однако, порох стал не средством для фейерверков, а средством для ведения военных действий. Вместо забрасывания камней катапультой и использования движущей силы согнутого дерева или скрученных ремней можно было поместить порох в закрытую с одной стороны трубу. В открытый конец трубы закладывалось ядро, и взрывающийся порох придавал ему движение.

Примитивные образцы таких орудий были применены в

ряде случаев уже в четырнадцатом веке, в битве при Креси (1346 год), в начале Столетней войны. Англичане тогда разбили французов, но исход битвы решили не относительно еще бесполезные пушки, а английские лучники с большими луками, чьи стрелы были гораздо более смертоносными, чем пушки того времени. Действительно, лук оставался хозяином на поле битвы (в тех случаях, когда он применялся) в течение восьмидесяти лет. Он позволил англичанам выиграть битву при Аджинкорте в 1415 году, хотя французская армия располагала превосходящими по численности силами, он обеспечил и окончательную победу англичан при Вернейле в 1424 году.

Однако улучшение качества пороха и усовершенствование конструкции пушки и технологии ее изготовления постепенно привели к созданию надежной артиллерии, которая наносила урон противнику, не убивая при этом своих пушкарей. К концу пятнадцатого века порох уже правил на поле битвы и был хозяином на войне еще в течение четырех веков.

Французы создавали артиллерию, чтобы противопоставить ее лукам англичан, а англичане, которые в течение восьмидесяти лет разбивали Францию с помощью луков, в конце концов через двадцать лет были разбиты французской артиллерией. Более того, артиллерия внесла весомый вклад в бесповоротный конец феодализма в Западной Европе. Пушечные ядра не только могли без особых усилий разбивать



стены замков и городов, но дело оказалось еще и в том, что создавать и поддерживать хорошо подготовленную артиллерию могло себе позволить только сильное централизованное правительство, так что мало-помалу титулованная знать оказывалась вынужденной подчиняться королю.

Такая артиллерия означала, что с угрозой нападения варваров было покончено раз и навсегда. Никакая лошадь, какой бы быстрой она ни была, и никакие копья, какими бы надежными они ни были, не могли сравниться с пушечным стволом.

Европа, однако, все еще опасалась тех, кого ей было приятно считать варварами, хотя они были такими же цивилизованными, как и европейцы (Конечно, я здесь использую слово «цивилизованные» только в смысле обладания городами и наличия развитой техники. Нация или народ могут быть цивилизованными в этом смысле и быть варварами из-за жестокой нехватки гуманности. Нет надобности тут в качестве примера указывать на турок, лучшим в истории примером является Германия в период между 1933 и 1945 годами). Турки, например, вошли в Аббасидскую империю как варвары в 840 году, способствовали ее распаду (который завершили монголы) и пережили Монгольскую империю, которая раскололась на части после смерти Хубилай-хана.

С течением времени они стали цивилизованными и захватили Малую Азию и отдельные части Ближнего Востока. В 1345 году османские турки (чье государство стало известно

как Османская империя) вторглись на Балканы и обосновались в Европе, из которой их так и не смогли выдворить полностью. В 1453 году турки захватили Константинополь и этим положили конец Римской империи, но сделали это с помощью артиллерии, причем лучшей, чем артиллерия, которой обладала любая европейская держава.

Завоевания Тамерлана (который претендовал на происхождение от Чингисхана) тем временем, по-видимому, вели к восстановлению века монголов. С 1381 по 1405 год он выиграл битвы в России, на Среднем Востоке и в Индии. Сам по духу кочевник, он использовал вооружение и организацию цивилизованных регионов, которыми правил, и (за исключением краткого и кровопролитного набега в Индию) он никогда не двигался вне государств, которые ранее были завоеваны монголами. После смерти Тамерлана наступили коренные изменения в Европе. Обладая порохом и морским компасом, европейские мореплаватели начали высаживаться на берега всех континентов, чтобы оккупировать и заселить те из них, которые были варварскими, и чтобы господствовать над теми, которые были цивилизованными. В течение последующих 550 лет мир становился все более европейским. И если европейское влияние стало ослабевать, то это происходило потому, что неевропейские нации становились более европеизированными, по крайней мере в технике ведения боевых действий, если не в чем-нибудь другом.

При монголах произошло окончательное крушение вся-

кой возможности (никогда не бывшей большой) разрушения цивилизации варварским вторжением.

Тем не менее, хотя цивилизация защитила себя от варварства, войны между самими цивилизованными державами становились все более ожесточенными. Даже до появления пороха случалось, что цивилизации, казалось, находятся на грани самоуничтожения, по крайней мере в некоторых районах. Так, во время Второй Пунической войны карфагенский полководец Ганнибал разорял Италию в течение шестнадцати лет, и Италии понадобилось немалое время, чтобы оправиться. Столетняя война между Англией и Францией (1338—1453) грозила тем, что Франция опустится до варварства, а Тридцатилетняя война (1618—1648) добавила пороху к более ранним страхам и стерла с лица земли половину населения Германии. Эти войны, однако, были ограничены по территории, и как бы сильно не могли быть разрушены Италия, Франция или Германия в том или ином веке, цивилизация в целом продолжала распространяться.

Но потом, когда великие географические открытия вызвали распространение европейского владычества в мире, европейские войны стали воздействовать на удаленные континенты, и началась эра мировых войн. Первой войной, которая могла бы считаться мировой, в том смысле, что вооруженные силы были задействованы на разных континентах и все сражения, тем или иным образом, происходили по поводу спорных вопросов, которые были взаимосвязаны, бы-

ла Семилетняя война (1756—1763). В этой войне Пруссия и Великобритания сражались против Австрии, Франции, России, Швеции и Саксонии. Главные сражения войны происходили на территории Германии, где Пруссия, столкнувшись с огромным перевесом сил врага. Пруссией, однако, правил Фридрих II, последний легитимный монарх, который был военным гением, и он одержал победу (Однако даже его гений не мог бы одержать победу без британских денег и без счастливой для него случайности, что его закоренелый враг – российская императрица Елизавета – умерла 5 января 1762 года, и Россия заключила перемирие).

В то же время британцы и французы сражались в Северной Америке, где война фактически началась в 1755 году. Битвы происходили на западе Пенсильвании и в Квебеке. Морские сражения между Великобританией и Францией велись на Средиземном море и вдали от французского побережья в Европе, и у Индийского побережья в Азии. Великобритания также вела боевые действия с испанцами в море недалеко от Кубы и у Филиппин, а сражения на суше с Францией велись также в самой Индии. (Великобритания выиграла, она забрала у Франции Канаду и получила не вызывающее сомнений прочное положение в Индии.) Только в двадцатом веке войны распространились, по крайней мере, так же широко, если не шире, чем Семилетняя война, и с гораздо большей интенсивностью. Первая мировая война видела серьезные сражения на суше от Франции до Среднего Востока

и морские стычки по всему океану (хотя единственное крупное морское сражение произошло в Северном море). Вторая мировая война видела еще более интенсивные действия на более крупных участках Европы и Среднего Востока, на больших участках Северной Африки и Дальнего Востока, с морскими и воздушными сражениями не только более широко распространенными, но и намного более крупными по масштабу. Но не только расширение по масштабу создавало возрастающую угрозу для цивилизации.

Поднимался уровень развития техники, и военные орудия неуклонно становились более разрушительными.

В конце девятнадцатого века правлению пороха наступил конец, были изобретены более действенные взрывчатые вещества, такие, как тринитротолуол (тол), нитроглицерин и пироксилин. Действительно, испано-американская война 1898 года была последней сколько-нибудь значительной войной, когда военные действия велись с применением пороха. Кроме того, корабли стали бронировать, их принялись строить большими по размеру, и на них были более мощные орудия.

Первая мировая война ввела в военный обиход танки, аэропланы и отравляющие газы. Вторая мировая война ввела атомную бомбу. После Второй мировой войны были созданы межконтинентальные баллистические ракеты, нервно-паралитические газы, лазерные лучи, биологическое оружие.

Однако, хотя война стала более экстенсивной и орудия

уничтожения более мощными, уровень интеллекта генералов не повысился. Действительно, когда сложность и разрушительная сила военных орудий возросли, равно как и численность армий, когда комбинированные военные операции распространились на большие районы и многократно умножились, требование быстрых и разумных решений стало намного труднее удовлетворить, и генералы все меньше и меньше соответствуют новым возрастающим требованиям. Генералы, может быть, не стали глупее, но они по интеллекту не отвечают необходимым требованиям.

Американская Гражданская война нанесла огромный ущерб, причиненный некомпетентными генералами, но этот ущерб – сущие пустяки по сравнению с ущербом, причиненным некомпетентными генералами в Первой мировой войне, и это опять же намного меньше по сравнению с ущербом, нанесенным некоторыми губительными ошибками во Второй мировой войне.

Поэтому утверждение, что цивилизованные боевые действия не разрушат цивилизацию, поскольку и победители, и побежденные одинаково заинтересованы в том, чтобы сохранить плоды цивилизации, уже больше неприменимо.

Во-первых, разрушительная сила оружия возросла до такой степени, что его применение может не только разрушить цивилизацию, но уничтожить и само человечество.

Во-вторых, естественная неспособность военачальников делать свою работу может привести теперь к ошибкам на-

столько огромным, что они могут разрушить цивилизацию и уничтожить человечество без какого-либо умысла сделать это. И в заключение, мы стоим перед лицом настоящей катастрофы четвертого класса и имеем все основания ее опасаться, потому что того и гляди начнется всеобщая термоядерная война и будет бессмысленно продолжаться до самоубийства рода человеческого.

Это может случиться, но случится ли?

Предположим, что политические и военные руководители мира находятся в здравом рассудке и что они осуществляют жесткий контроль за ядерными арсеналами. В таком случае нет реальной опасности ядерной войны. В гнев были сброшены две ядерные бомбы на Японию – одна 6 августа 1945 года на Хиросиму и вторая два дня спустя на Нагасаки. Это были единственные две бомбы, которые тогда существовали, и намерение было закончить Вторую мировую войну. Эта задача была решена, и не было в то время никакой возможности ядерной контратаки.

В течение четырех лет лишь Соединенные Штаты обладали ядерным арсеналом, но у них не было реального случая применить его, поскольку все кризисы, которые могли спровоцировать войну, такие, как, например, советская блокада Берлина в 1948 году, были разрешены или нейтрализованы без необходимости обращаться к нему.

29 августа 1949 года Советский Союз взорвал свою первую атомную бомбу, и с тех пор возможность войны с

ядерным оружием с обеих сторон возросла – войны, в которой ни одна из сторон не могла победить, войны, где обе стороны знали, что никто из них не может победить.

Попытки получить преимущество практически свели к нулю разумность развязывания войны. В 1952 году обе стороны получили гораздо более опасную водородную бомбу, создали баллистические ракеты и спутники, обе стороны поддерживали регулярную модернизацию вооружения в целом.

Следовательно, война между сверхдержавами стала невыносимой. Наиболее угрожающим был военный кризис в 1962 году, когда Советский Союз разместил на Кубе баллистические ракеты – это в девяноста километрах от побережья Флориды, так что Соединенные Штаты оказались под прямой угрозой ядерной атаки. Соединенные Штаты установили блокаду Кубы с моря и с воздуха и фактически предъявили Советскому Союзу ультиматум убрать эти ракеты. С 22 по 28 октября 1962 года мир как никогда был близок к ядерной войне.

Советский Союз отступил и убрал свои ракеты. В ответ Соединенные Штаты, которые поддерживали попытки свергнуть революционное правительство Кубы, согласились не вмешиваться в дела Кубы. Обе стороны пошли на уступки, что было бы невозможно в доядерные времена. Опять же Соединенные Штаты вели военные действия во Вьетнаме в течение десяти лет и наконец признали унижительное пора-



жение, но не пытались использовать ядерное оружие, которое тут же уничтожило бы противника. Соответственно, Китай и Советский Союз не продвинулись в направлении прямого вмешательства в войну, поскольку не хотели провоцировать Соединенные Штаты на применение ядерного оружия.

Наконец, во время повторяющихся кризисов на Среднем Востоке, в которых Соединенные Штаты и Советский Союз представляли противоположные стороны, ни одна из супердержав не сделала попытки прямой интервенции. Фактически не была допущена ситуация, когда та или другая сторона могла быть вынуждена осуществить прямую интервенцию.

Короче говоря, через почти четыре десятилетия с тех пор, как на сцене появилось ядерное оружие, оно (за исключением протозрывов над Хиросимой и Нагасаки) никогда не применялось в войне, и две супердержавы шли на многое, чтобы избежать подобного применения (Следует заметить, что многие происшедшие после написания этой книги события и главное коренное изменение политики Советского Союза, распад его на отдельные государства и последовавшее глобальное сокращение стратегических вооружений супердержав и их союзников, намного уменьшили шансы возникновения глобального конфликта и, соответственно, термоядерной войны.).

Если так будет продолжаться, то мы не погибнем в ядерной войне. Но будет ли так продолжаться? Кроме того, суще-

ствует распространение ядерного оружия. Помимо Соединенных Штатов и Советского Союза, создали ядерное оружие Великобритания, Франция, Китай и Индия. Другие тоже могут им последовать и неизбежно последуют (Индия, а затем и Пакистан в 1998 году произвели подземные ядерные взрывы, пополнив таким образом «ядерный клуб», вселив новую неуверенность в дальнейшее развитие событий после окончания «холодной войны» и положив начало гонке ядерного вооружения уже в новой части света, в Азии). Не сможет ли малая держава начать атомную войну?

Если предположить, что руководители малых держав тоже в своем уме, то весьма трудно понять, зачем это им было нужно. Иметь ядерные бомбы – это одно; иметь достаточно большой ядерный арсенал той или другой сверхдержаве, для того, чтобы обезопасить себя от полного уничтожения другой сверхдержавой, – это совершенно другое. И скорее всего, против любой из малых держав, которая вознамерится совершить хоть малейший жест в сторону применения ядерной бомбы, сразу же выступят обе сверхдержавы.

Однако насколько можно доверять предположению о наличии здравого смысла у мировых лидеров? Нации в прошлом оказывались под руководством психически больных личностей, и даже здравомыслящий руководитель в порыве гнева и отчаяния может оказаться недостаточно рассудительным. Мы легко можем представить себе кого-нибудь вроде Адольфа Гитлера, отдающего распоряжение об уни-

чтожении противника ядерным ударом, если альтернативой служит уничтожение его власти. Но также можно представить себе, что его подчиненные, конкретные исполнители отказываются выполнить его приказ. Что касается фактов, то некоторые приказы, отдававшиеся Гитлером в его последние месяцы, не выполнялись его генералами и администраторами.

Далее, существуют некоторые национальные лидеры, которые настроены достаточно фанатично, чтобы немедленно нажать ядерную кнопку, если бы она у них была. Дело в том, что у них ее нет, и я подозреваю, что мир их только потому и терпит, что у них нет этой кнопки.

Даже если все политические и военные руководители будут сохранять здравый рассудок, не может ли случиться так, что ядерный арсенал выйдет из-под контроля, и ядерная война начнется из-за паникерского или вызванного психическим заболеванием решения исполнителя? Или, того хуже, не может ли она начаться из-за ряда мелких событий, каждое из которых представляется единственно возможным ответом на действия противника, пока, наконец, дело не дойдет до ядерной войны, хотя ее никто не желает и все очень надеются, что ее не будет? (Во многом именно так началась Первая мировая война.) А, хуже всего, не случится ли так, что условия в мире ухудшатся настолько, что ядерная война покажется выходом, который предпочтительнее бездействия?

Несомненно, единственный верный способ избежать ядерной войны – это уничтожить все ядерное оружие, и не исключено, что мир придет к этому до того, как разразится ядерная война.

# Часть пятая

## Катастрофы пятого класса

### 14. Истощение ресурсов

#### Ресурсы возобновляемые

В последних двух главах мы пришли к выводу, что единственная грозящая нам катастрофа четвертого класса – это всеобщая термоядерная война, достаточно интенсивная и достаточно продолжительная, чтобы уничтожить всякую человеческую жизнь или оставить от нее такую малость и в таком жалком состоянии, что это будет означать окончательное вымирание.

Если это произойдет, есть шансы, что другие формы жизни также будут сметены с лица Земли, но вполне может быть, что выживут насекомые, растения и микроорганизмы, и в конечном счете снова заселят мир и дадут возможность Земле процветать как обитаемой планете, пока не наступит такое время (если оно вообще наступит), когда эволюционируют новые и более здравомыслящие виды.

Мы доказали, что существует возможность избежать ин-

тенсивной и продолжительной термоядерной войны. Но даже и меньшей степени ожесточенности было бы достаточно, хотя само человечество могло бы и выжить. Это было бы катастрофой пятого класса, катастрофой, наименее основательной из тех, с которыми мы имеем дело в этой книге, но все же катастрофой достаточно основательной.

Предположим теперь, что войны, в том числе и ограниченная ядерная война – это уже понятия прошлого. Возможно, подобная надежда не очень реальна, но все же нельзя сказать, что это совершенно невозможно. Предположим, что человечество решило, что война – это самоубийство и лишена всякого смысла, что человечество решило предпринять некие общие рациональные действия, необходимые для урегулирования споров без войны, что оно научилось исправлять те несправедливости, которые питают повстанческие движения и терроризм, а затем предприняло эффективные меры для разоружения и сдерживания тех, кто не идет на компромисс, кого не удовлетворяет ничто разумное (как это определяется здравым рассудком человечества). Предположим далее, что международное сотрудничество станет настолько тесным, что достигнет формы мировой федерации, правительство которой может предпринимать совместные действия по глобальным проблемам и крупным проектам.

Это может представляться безнадежно идеалистичным, сказочным сном, но предположим, что дело дошло до этого.

Тогда встает другой вопрос: если человечество будет жить в мире и сотрудничестве, окажется ли оно навсегда в безопасности? Будем ли мы развивать наши технические и прикладные науки, пока не узнаем, как предотвратить следующий ледниковый период, который ожидает нас через 100 000 лет, и как управлять погодой в соответствии с нашими требованиями? Будем ли мы развивать науки и технику, пока по мере распространения в космосе не станем полностью независимыми от Земли и от Солнца, и сможем удалиться от последнего подальше, когда через 7 миллиардов лет наступит его время стать красным гигантом (если не уйдем от него задолго до этого)? Будем ли мы развивать науку и технику, пока не узнаем, как пережить сжимающуюся Вселенную или до крайности возрастающую энтропию и пережить даже собственно Вселенную? Или нас ждут ужасные и гораздо более близкие по времени опасности, неизбежные даже при условии полного мира?

А это не исключено. Рассмотрим, например, вопрос развития нашей техники. В этой книге я считал само собой разумеющимся, что техника может и будет развиваться безгранично, если ей будет предоставлена такая возможность, что у нее нет естественных границ, поскольку знание не имеет пределов и может расширяться безгранично. Но не существует ли цены, которую мы должны заплатить за технику, нет ли какого-либо условия, которое нам придется выполнить? А если случится так, что мы неожиданно узнаем, что

больше не в состоянии платить эту цену, больше не можем выполнять это условие?

Техника зависит от успешного использования различных ресурсов, извлекаемых из окружающей нас среды, и каждое продвижение в технике означает, по-видимому, увеличение степени этого использования.

Исходя из того, что солнечная радиация будет иметь место в течение миллиардов лет, мы можем сказать, что многие ресурсы Земли в течение этого времени возобновимы. Зеленые растения используют энергию солнечного света для преобразования воды и двуокиси углерода в свою ткань, отдавая, кроме того, избыточный кислород в атмосферу. Животные получают необходимую им пищу из растительного мира, сочетая эту пищу с кислородом, они образуют воду и двуокись углерода.

Эта пища и кислородный цикл (к которому могут добавляться различные важные для жизни минералы) будут существовать столько, сколько будет существовать солнечный свет – по крайней мере потенциально – и, с человеческой точки зрения, как пища, так и кислород, которым мы дышим, бесконечно возобновимы.

Некоторые аспекты неодушевленного мира также бесконечно возобновимы. Пресная вода, постоянно потребляемая и постоянно стекающая в море, возобновляется путем испарения океанов солнечным теплом и выпадением затем осадков в виде дождя и снега. Ветер будет существовать постоль-



ку, поскольку Земля неравномерно нагревается Солнцем, приливы и отливы будут наступать столько, сколько Земля будет вращаться по отношению к Солнцу и Луне, и так далее.

Все виды, кроме человека, имеют дело с возобновимыми ресурсами. Отдельные организмы могут умереть из-за временной и локальной нехватки пищи или воды, или из-за экстремальных значений температуры, или из-за наличия и активности хищников, или просто из-за старости. Целые виды могут погибнуть из-за генетических изменений, или из-за неспособности отвечать на довольно незначительные изменения в окружающей среде, или из-за замены их другими видами, так или иначе более эффективными в выживании. Жизнь, однако, будет продолжаться, потому что благодаря непрерывающейся циркуляции возобновимых ресурсов Земля останется обитаемой.

Только человек имеет дело с невозобновимыми ресурсами, и только человек поэтому рискует построить такую жизнь, при которой нечто, что стало существенно важным, может вдруг, более или менее неожиданно, исчезнуть. Это исчезновение может привести к такому сдвигу, что покончит с человеческой цивилизацией. Земля тогда останется обитаемой, но больше не подходящей для развитой техники.

Истоки техники несомненно имели дело с возобновимыми ресурсами. Самыми ранними орудиями, должно быть, были такие, которые находились готовыми под рукой. Упавшая ветка дерева могла быть использована как дубина, также

и кость конечности крупного животного. Это, конечно, возобновимые ресурсы. Всегда найдется новая ветка и новая кость.

Даже когда люди занялись бросанием камней, в этой ситуации не оказалось ничего нового. Правда, камни невозобновимы, в том смысле, что новые камни не образуются за время, сопоставимое со временем деятельности человека, но камень и не потребляется, когда его бросают. Брошенный камень, в конце концов, можно поднять и бросить снова. Кое-что новое возникает, только когда камням начали придавать форму, отесывая их, выравнивая поверхность или шлифуя, чтобы создать острый край или точку и использовать их в качестве ножей, топоров, наконечников копий или стрел.

Здесь, наконец, имеется нечто, что не только не возобновимо, но и потребляется, расходуемо. Если острый конец или острый край камня притупляется, его можно раз или два раза снова заточить, но достаточно скоро они станут слишком маленькими, чтобы их можно было дальше использовать. В общем надо заострять новые камни. И хотя камни всегда найдутся, крупные камни преобразуются в мелкие, из которых только часть оказывается полезной. Более того, некоторые камни оказываются более подходящими для изготовления острых орудий, чем другие. Поэтому люди принялись искать кремень с неменьшим рвением, чем они искали пищу.

Однако тут была разница. Новая пища всегда вырастала, а серьезные засухи и голод не были постоянными.

А вот источник кремня, как только он иссякал, иссякал окончательно и больше не возобновлялся.

Но пока камень оставался главным неживым ресурсом для человека, нечего было опасаться, что он будет совершенно истреблен. Его было слишком много, и во времена, когда он являлся главным неживым ресурсом (каменный век), людей было слишком мало, чтобы нанести заметный урон его запасам.

Это было верно также и в отношении использования других разновидностей камня – глины для керамики, охры для красок, мрамора или известняка для строительства, песка для стекла и так далее.

Существенное изменение наступило с использованием металлов.

## Металлы

Само слово «металл» происходит от греческого слова «искать». Металлы, используемые для орудий и строительства, достигают по массе только 1/6 веса камня, составляющего кору Земли, и почти вся эта шестая часть неочевидна. Наибольшая часть металлов существует в соединении с кремнием и кислородом, или с углеродом и кислородом, или с серой и кислородом, или только с серой, и образует «руды», которые очень похожи на камень по виду и свойствам.

Однако существуют некоторые металлы, которые плохо

образуют соединения и могут существовать как самородки. Это – медь, серебро и золото, к ним можно добавить еще небольшое количество метеоритного железа. Такой свободный металл очень редок.

Золото составляет только 1/200 000 000 коры Земли, и это один из очень редких металлов, но из-за того, что оно почти все существует в чистом виде и нередко в виде самородков, которые имеют изумительный желтый цвет, это, вероятно, был первый открытый людьми металл. Он оказался необыкновенно тяжелым, достаточно блестящим, чтобы служить украшением, и достаточно мягким, чтобы придавать ему интересные формы. И он не изменялся, потому что не ржавел и не портился иным образом.

Люди начали работать с золотом, может быть, еще в середине V века до н. э. Золото и в меньшей степени серебро ценились из-за их красоты и редкости, и они стали основным средством обмена и удобным способом сохранять богатство. Около 640 года до н. э. лидийцы в Малой Азии изобрели монеты, маленькие кусочки сплава золота и серебра фиксированного веса, проштампованные правительственным знаком, чтобы заверить их подлинность.

Люди вообще-то ошиблись, посчитав, что золото удобно как средство обмена из-за его подлинной ценности. Ничто они не искали с такой же страстью и ничто не вызывало у них такого воодушевления, когда они его находили. Несмотря на это, у золота вообще нет крупномасштабного применения.

Обнаружение большого количества золота увеличивает его мировой запас и уменьшает одно из его качеств – редкость.

В результате, когда Испания захватила золотые запасы ацтеков и инков, она не стала богатой. Поток золота в Европу снизил его ценность, что означало увеличение цен на все другие товары относительно цены золота, произошла инфляция. Испания, у которой была слабая экономика и которой приходилось многое покупать за границей, обнаружила, что ей приходится обменивать все большее и большее количество золота за меньшее и меньшее количество товаров.

Тем не менее иллюзия богатства, созданная золотом, воодушевила Испанию на то, чтобы приняться за бесчисленные войны на Европейском континенте, за которые она не в состоянии была платить и которые довели ее до банкротства, от которого она так и не оправилась. В то же время другие нации с развивающейся экономикой становились богатыми и без золота. В средние века потерпели неудачу настойчивые попытки найти способ превращать в золото другие, менее ценные металлы, но если бы это удалось, произошла бы настоящая трагедия. Золото быстро бы потеряло ценность, и европейская экономика оказалась бы в таком хаосе, что ей пришлось бы долго из него выбираться.

Однако другие металлы, которые имеют настоящую ценность, потому что их можно использовать для изготовления орудий и в строительстве в отличие от золота, все больше и больше приносят пользы по мере того, как они становят-

ся все более и более распространенными. Чем более они доступны и чем меньше их цена по отношению к золоту, тем шире области, в которых они могут быть использованы, тем сильнее экономика, тем выше уровень жизни.

Однако для того, чтобы металлы становились относительно более распространенными, людям недостаточно было самородков, которые они время от времени находили то тут, то там. Нужно было найти методы получения металлов из руд, методы освобождения атомов металлов из соединений с атомами других элементов. Такое развитие «металлургии» произошло примерно в 4000 году до н. э. на Среднем Востоке, и первым металлом, извлеченным из руды, была медь.

Приблизительно в 3000 году до н. э. было установлено, что определенные руды, которые, как оказалось, содержат и медь, и мышьяк, дают сплав меди с мышьяком, который намного прочнее и более упруг, чем просто медь. Это был первый металл, который мог быть использован для чего-то иного, чем просто украшения, первый металл, из которого можно было делать орудия и оружие, и гораздо лучшие, чем из камня.

Работать с рудами, содержащими мышьяк, небезопасное занятие, и, возможно, отравление мышьяком было первым «профзаболеванием», которое доставило человеку неприятности. Со временем, однако, открыли, что если оловянную руду смешать с медной, то получается медно-оловянный сплав, или «бронза», который был точно так же хорош, как

и сплав меди с мышьяком, только гораздо безопаснее в производстве.

К 2000 году до н. э. разновидности медно-оловянных сплавов были уже в широком употреблении, и на Среднем Востоке начался «бронзовый век». Наиболее примечательные следы об этом времени остались в гомеровских эпосах «Илиада» и «Одиссея», где воины в бронзовых доспехах сражались копьями с бронзовыми наконечниками.

Медь – не особенно распространенный металл, и цивилизации, которые использовали бронзу, вскоре обнаружили, что местные запасы истощились, и им пришлось ввозить медь из-за границы. С оловянной рудой дело обстояло еще хуже. Медь не очень распространенный компонент земной коры, но олово распространено еще меньше. Собственно, олово в 15 раз реже меди. Это означает, что, когда медь еще могла быть добыта в различных местах на Среднем Востоке, местные запасы олова были, по-видимому, полностью исчерпаны. Так впервые в истории люди столкнулись с истощением природных ресурсов, и не просто с временным истощением, как пищи во время засухи, а с окончательным истощением. Оловянные рудники были пусты и уже никогда больше не могли наполниться.

Если люди не хотели довольствоваться только той бронзой, которая была у них в наличии, надо было искать новые месторождения. Поиск происходил на все более обширной территории, и к 1000 году до н. э. финикийские мореплава-

тели проложили пути за пределы Средиземного моря и открыли «Оловянные острова». Это, как полагают, были острова Силли к юго-западу от оконечности Корнуолла.

Между тем, около 1300 года до н. э. в Малой Азии был разработан способ выплавки железа из руды. Железо, связанное в породе с другими элементами, значительно прочнее, чем медь, но выделить его из соединения было труднее. Для этого была необходима высокая температура древесного угля, для разработки получения которого потребовалось много времени.

Метеоритное железо было намного тверже и более упруго, чем бронза, а железо из руды было ломким и совершенно бесполезным. Дело заключалось в том, что метеоритное железо имело примесь кобальта и никеля. Однако и железо из руды иногда оказывалось достаточно твердым и упругим. Это случалось не так уж часто, но заставило металлургов заняться железными сплавами. В конце концов было обнаружено, что добавление древесного угля в железо делает его более твердым. Как бы мы сказали сейчас, легирует его.

К 900 году до н. э. изготовители железа научились делать это намеренно, и начался железный век. Стало больше не важно, что медь встречается редко, а олово – еще реже.

Это – пример того, как человек справлялся с истощением ресурсов на протяжении истории. Во-первых, был расширен поиск новых запасов<sup>10</sup>, во-вторых, нашли заменители.

---

<sup>10</sup> Очень важный элемент побуждения человека на ведение разведки – это



В течение истории, со времен открытия металлургии, применение металлов расширялось с постоянно увеличивающейся скоростью. В девятнадцатом веке были разработаны новые методы выплавки стали, были открыты металлы, неизвестные древним, – кобальт, никель, ванадий, ниобий и вольфрам, которые использовались в качестве добавок к стали, чтобы создавать новые металлические сплавы беспримерной твердости или необычных свойств. Были разработаны методы получения алюминия, магния и титана, эти металлы стали широко применяться в различных конструкциях.

Но теперь люди оказались перед лицом истощения источников многих металлов в масштабах мира и столкнулись со многими проблемами нашей технологической цивилизации. Даже старые металлы приобрели новые сферы применения, от которых нам было бы нелегко отказаться. Ни медь, ни серебро не требуются теперь ни для чеканки монет, ни для украшений, но медь до сих пор важна для электрических сетей, поскольку никакое другое вещество не является таким хорошим проводником электричества, а соединения серебра важны для фотографии. (Однако золото до сих пор не находит крупномасштабного применения.) Что мы будем делать, когда истощатся рудники, не просто в том или ином райо-

---

необходимость отыскания ресурсов, не имеющих поблизости. Великие путешествия пятнадцатого и шестнадцатого веков предназначались не для расширения географических знаний и не для распространения политического влияния Европы. Происходил поиск продуктов, которых не хватало европейцам и которые разыскивались, это были, к примеру, золото, шелк, пряности.

не, а на всей Земле? Можно было бы подумать, что если не будет больше металлов, то у людей не будет иного выхода, как отказаться от своих технологий, что способно привести цивилизацию к гибели, даже если на Земле будет гуманное планетарное правительство.

Между тем, источники целого ряда важнейших металлов должны истощиться, по некоторым оценкам, в течение четверти века. Сюда входят платина, серебро, золото, олово, цинк, свинец, медь и вольфрам. Означает ли это, что цивилизации грозит гибель?

Возможно, не означает. Существуют пути обхода этого истощения.

На первом месте тут сбережение. Во времена, когда запасы того или иного материала далеки от истощения, он используется на различные второстепенные цели, на всякие мелочи, украшения, предметы моды. Вещь, изготовленную из этого материала, скорее заменят, чем реставрируют или починят. Ее могут заменить, даже если она находится в прекрасном рабочем состоянии, просто потому, что новая более престижна, соответствует более высокому социальному статусу. Намеренные несущественные изменения иногда производятся специально для того, чтобы вызывать замену гораздо скорее, чем это необходимо для практического использования, а просто ради погони за модой.

Американский экономист Торстейн Веблин (1857—1929) в 1899 году придумал специальный термин для обозначения

расточительного, напрасного потребления как знака социального успеха: «престижное потребление». Это престижное потребление было частью человеческих социальных нравов с доисторических времен.

Однако до последнего времени оно было прерогативой тонкого аристократического верхнего слоя населения, и выброшенные предметы могли использоваться бедными слоями. Но в недавние времена, когда в жизнь вошла техника массового производства, оказалось возможно распространить престижное потребление среди всего населения. Конечно, иногда престижное потребление рассматривается как средство, необходимое для стимулирования производства и сохранения благосостояния экономики.

И все же, когда запасы того или иного определенного вида товара истощаются, импульс сбережения будет тем или иным способом укрепляться. Цены неизбежно вырастут быстрее, чем заработки, побуждая таким образом к сбережению не очень богатых и сохраняя прерогативу выбрасывать вещи только за богатыми. Если многочисленные бедные будут роптать, видя расточительство, в котором не могут принять участия, общество может прогрессировать, вводя распределение по карточкам. Это, конечно, тоже создает почву для злоупотребления, но истощающиеся ресурсы все-таки будут держаться дольше, чем можно было бы предполагать, если судить только по социальным излишкам процветания.

На втором месте – замена. Менее распространенный ме-

талл можно заменить более распространенным. Так серебряные монеты были заменены алюминиевыми и никелевыми. Металлы в целом могут быть заменены такими материалами, как пластмасса и стекло.

И вот пример: световой луч вполне возможно использовать для передачи сообщений вместо электрического тока, и это можно делать с гораздо большей эффективностью. Эти световые лучи могут быть посланы по волокнам стекла с человеческий волос толщиной. Тонкие кабели из стекловолокна могли бы заменить неисчислимые тонны меди, которые сейчас используются в электрических коммуникациях, а стекло, получаемое из песка, вряд ли так скоро истощится.

На третьем месте – новые источники. Впрочем, может показаться, что все рудники будут истощены, то есть все известные на Земле рудники. Но могут быть открыты новые рудники, даже при условии, что это становится маловероятным, все более маловероятным со временем, так как все большая часть земной поверхности изучается на наличие руд.

Тогда что же мы имеем в виду под словом «истощены»? Когда мы говорим о руднике, мы говорим о той части земной коры, в которой металл находится в такой концентрации, что его рентабельно добывать. Тем не менее с совершенствованием техники разрабатываются такие методы, благодаря которым определенные металлы могут быть с выгодой добыты, даже если концентрация настолько мала, что никакой

практический метод в прошлом не позволил бы этого делать. Другими словами, сейчас существуют рудники, которые не могли быть рудниками ранее.

Этот процесс может иметь продолжение. Определенный металл может истощиться, если рассматривать существующие рудники, но когда мы почувствуем, что в силах справиться с более низкими концентрациями, появятся новые рудники.

Кроме того, мы можем вообще уйти с суши. Есть участки морского дна, которые покрыты толстым слоем рудных конкреций. Считают, что на один квадратный километр дна Тихого океана приходится 11 000 тонн таких конкреций. Эти конкреции различных металлов включают и очень полезные, запасов которых становится все меньше и меньше – медь, кобальт, никель. И вряд ли какие-нибудь трудности возникнут с их извлечением, как только эти конкреции будут драгированы с морского дна. Операции драгирования на экспериментальной основе сейчас планируются.

Ну, а уж если морское дно, почему бы и не само море? Морская вода содержит все элементы, но обычно в очень низкой концентрации. Дело в том, что дождь, выпадая на сушу, вымывает их по пути обратно в море. Уже сейчас без особых усилий мы можем получить из морской воды магний и бром, так что запасы этих двух элементов вряд ли иссякнут в обозримом будущем.

В конце концов, океан настолько огромен, что общее ко-

личество любого определенного металла, растворенного в морской воде, удивительно велико, независимо от того, насколько разбавлен этот раствор. Море содержит 3,5% растворенных пород. Иначе говоря, каждая тонна морской воды содержит 35 килограммов растворенных пород.

Из растворенных в морской воде пород 3,69% составляет магний и 0,19% – бром. Следовательно, тонна морской воды содержит 1,29 кг магния и 66,5 грамма брома (Конечно, ни то, ни другое не содержится в чистом виде, а в форме растворенных соединений.). Учитывая, что на Земле 1 400 000 000 000 000 тонн морской воды, можно себе представить общее количество содержащегося в ней магния и брома (следует принять во внимание, что то, что извлекается, постепенно смывается обратно в море).

Третий элемент – йод – тоже извлекают из морской воды. Йод сравнительно редкий элемент, в тонне воды примерно 50 миллиграммов йода. Этого слишком мало, чтобы экономично добывать обычными химическими методами. Однако существуют некоторые виды морских водорослей, которые способны абсорбировать йод из морской воды и включать его в свои ткани. Из золы этих водорослей можно получить йод.

Но нельзя ли получать из морской воды и другие ценные элементы, если разработать технологию, чтобы концентрировать зачастую очень скудное содержание? Океан содержит все химические элементы без исключения: около 15 милли-

ардов тонн алюминия, 4,5 миллиарда тонн меди, 4,5 миллиарда тонн урана. В нем также содержится 320 миллионов тонн серебра, 6,3 миллиона тонн золота и даже 45 тонн радия.

Они там. И весь фокус в том, чтобы их получить. Или, наконец, мы можем совсем уйти с Земли. Если не так уж много лет назад идея производить добычу минералов на Луне (или даже на астероидах) могла показаться подходящей только для научной фантастики, то сейчас многие считают это не таким уж неосуществимым. Если финикийцы сумели в свое время добраться до Оловянных островов в поисках металла, запасы которого были очень малы, мы сумеем добраться до Луны. Добыча минералов на Луне для нас, может быть, не труднее, чем некогда добыча олова на Оловянных островах для финикийцев.

И вот, пройдясь по перечню новых источников ресурсов, мы можем даже сказать, что по-настоящему ни один из них не нужен. 81 элемент, обладающий стабильной атомной формой, неразрушим при обычных обстоятельствах. Люди их не потребляют, они просто переносят их с одного места на другое.

Геологические процессы, происходящие на протяжении миллиардов лет, сконцентрировали тот или иной элемент, включая, конечно, различные металлы, в том или ином районе. А что делают люди? Они со все возрастающей скоростью извлекают эти металлы и другие желательные элементы

из этих районов концентрации и распределяют их более широко, более равномерно, более разреженно и перемешанно друг с другом.

Значит, металлы все-таки тут, однако они могут быть распределены, могут подвергнуться коррозии и быть в соединении с другими элементами. Одним словом, задние дворы человечества являются обширным складом различных элементов, которыми оно попользовалось в той или иной степени и которые списало. При соответствующей технологии их можно снова восстановить и использовать.

Таким образом, различные элементы или, в более широком смысле, вещества теоретически у нас не могут иссякнуть, поскольку все вещества, которые не являются элементами, состоят из элементов.

Но истощение – не единственная судьба, которая грозит ресурсам, которые мы используем, даже жизненно важным ресурсам, от которых зависит вся жизнь, включая жизнь человека. Даже те ресурсы, которые мы не истощаем и которые, вероятно, никогда не истощатся, могут стать непригодными для использования в нашей деятельности. Ресурсы могут иметься, но нам от них не будет никакой пользы.

## **Загрязнение**

Материальные объекты на самом деле не используются сполна, не растрачиваются безвозвратно, происходит только



перестроение атомов. То, что использовано, становится чем-то другим, так что для каждого потребления возможно сбалансированное воспроизводство.

Если мы потребляем кислород, мы производим двуокись углерода. Если мы потребляем воду и пищу, мы производим пот, мочу и кал. Вообще говоря, мы не можем использовать продукты, которые списали. Мы не можем дышать двуокисью углерода, не можем пить и есть отбросы.

К счастью, мир представляет собой экологическое единство, и то, что для нас является отбросами, оказывается полезным для других организмов. Двуокись углерода важна для жизнедеятельности зеленых растений, в процессе ее использования они производят кислород. Отбросы, которые мы производим, разлагаются на составные части и используются разнообразными микроорганизмами, а то, что остается, может использоваться растениями, таким образом вода очищается и производится пища. То, что жизнь списывает, она снова производит в длинном цикле преобразований. Мы можем назвать это процессом «переработки».

До определенной степени это верно также и в мире человеческой технологии. Если люди, например, сжигают дерево, они делают то, что в природе совершает молния. Сожженное человеком дерево входит в цикл наряду с деревом, сожженным молнией. На протяжении сотен тысяч лет использования человеком огня это использование по существу было незначительным по сравнению с огнем молнии, и таким

образом деятельность человека никоим образом не перегружала цикл.

Посмотрим, как обстоит дело с использованием каменных орудий. Оно включает неуклонное превращение больших кусков камня в мелкие. Кусок камня, слишком крупный для использования, мог быть разбит на кусочки, которые можно использовать, а от этих кусочков можно было отколоть еще меньшие при создании орудий. В конце концов орудие стало бы бесполезным из-за отламывания маленьких кусочков при заточке или придании формы.

И это тоже имитирует природный процесс, поскольку действие воды и ветра и изменение температуры также постепенно ведет к превращению камня в песок. Мелкие кусочки вследствие геологического воздействия могут снова превращаться в единую массу. Этот цикл превращения больших кусков камня в маленькие и обратно занимает, однако, очень длительный период. Поэтому по человеческим меркам мелкие бесполезные куски камня, которые являются неизбежным продуктом производства орудий, его отходами, не перерабатываются.

Все, что угодно, произведенное благодаря деятельности человека, что бесполезно и не перерабатывается, стало определяться в последнее время как «загрязнение». Мелкие куски камня были бесполезны, нежелательны и создавали беспорядок. Как загрязнение они, однако, были относительно безвредны. Их можно было легко отмести в сторону, они не

причиняли никакого вреда.

Отходы производства, которые могут быть с пользой переработаны природой, могут, тем не менее, стать загрязнением в случае, если они создадутся в регионе в ограниченное время и превысят мощность цикла. Например, когда люди сжигали дерево, они производили золу. Ее, как и мелкие камни, можно было отмести в сторону, и она не вызывала почти никакого беспокойства. Горящий огонь также производил пары, которые состояли в основном из двуокиси углерода и водяного пара, и оба эти компонента сами по себе не вызывали никаких неприятностей. В пары в незначительном количестве включались другие газы, раздражающие горло и глаза, кусочки несгоревшего углерода, пачкающие поверхности сажей, и другие тонко расщепленные частицы, которые не могли причинить никакого вреда. Пары плюс эти незначительные составляющие создавали видимый дым.

На открытом воздухе такой дым быстро рассеивался до концентраций слишком малых, чтобы кого-либо беспокоить. В конце концов в нашей атмосфере находится около 5 100 000 000 000 тонн газов, и дым всех костров первобытного человечества (и всех лесных пожаров, вызванных молнией) практически исчезал, когда рассеивался в колоссальном объеме. А когда он рассеивался, природные процессы перерабатывали вещества дыма и восстанавливали материалы, которые снова использовались растениями, и вновь создавалась древесина.

Но что, если огонь для света, тепла, приготовления пищи и безопасности поддерживать в жилище? Дым в жилище скопится до высокой концентрации – грязный, вонючий, активно раздражающий, скопится задолго до того, как начнутся процессы переработки. Результат будет непереносим. И это, наверное, первый пример загрязнения, созданного человеком.

Можно предпринять кое-какие спасительные меры. Во-первых, от огня можно совсем отказаться, что было, вероятно, немыслимо даже в каменном веке. Во-вторых, огонь можно использовать только на открытом воздухе, что создало бы людям значительные неудобства во всех отношениях. В-третьих, решить проблему загрязнения могло бы развитие техники – короче говоря, мог быть изобретен эквивалент трубы (вначале это, вероятно, была просто дыра в крыше). Это третье и решило проблему.

Подобное стало обычным путем, которым люди решали вопросы с нежелательными побочными эффектами. неизменно выбиралось движение в направлении корректирующей техники.

Конечно, всякая корректирующая технология создает свои проблемы, и процесс может быть бесконечным. Тогда можно спросить, не достигнем ли мы точки, где нежелательный побочный эффект техники станет непоправимым? Не может ли, загрязнение стать настолько обширным, что коррекция будет невозможна, и не доведет ли загрязнение нашу

цивилизацию до катастрофы пятого класса (или даже, может быть, разрушит нашу жизнь до катастрофы четвертого класса)?

И вот старые древесные огни возросли по количеству с увеличением населения. С развитием техники добавились новые огни – горящий жир, уголь, нефть, газ, и абсолютное количество огней неуклонно увеличивается с каждым годом.

Каждый огонь так или иначе требует трубы, и дым из всех этих труб выходит в атмосферу. И теперь каждый год в атмосферу выбрасывается около полумиллиарда тонн загрязнителей в виде раздражающих газов и кусочков твердого вещества. Техника начинает перегружать цикл, атмосфера за последние десятилетия становится ощутимо грязнее.

Естественно, в населенных центрах, особенно в промышленных, загрязнение наиболее сильное, где мы теперь имеем смог («дым» + «туман» – smoke + fog). Иногда инверсионный слой (верхний слой холодного воздуха, сдерживающий нижний слой более теплого воздуха целыми днями) препятствует рассеиванию загрязняющих агентов, и воздух в ограниченном районе становится опасным. В 1948 году «смог-убийца» унес в Доноре, в Пенсильвании жизни двадцати девяти человек. Подобное происходило несколько раз в Лондоне и в других городах. Даже там, где обходится без смертельных исходов, в районах смога всегда налицо длительное повышение уровня пульмонологических заболеваний, вплоть до роста заболеваемости раком легких.

Не может ли в ближайшем будущем произойти так, что наша техника оставит нас с атмосферой, в которой невозможно дышать?

Такая угроза, безусловно, есть, но человечество не беспомощно. В первые десятилетия промышленной революции города находились под густыми облаками дыма от горящего битумного угля. Переход на уголь антрацит, который давал меньше дыма, произвел сильное изменение к лучшему в таких городах, как Бирмингем в Англии и Питтсбург в США (Неуклонно крепнет кампания против табакокурения, поскольку табачный дым содержит канцерогены, которые воздействуют на некурящих так же, как и на курящих. К сожалению, курильщики, одурманенные своим наркотиком, в общем игнорируют или отрицают это, а табачная промышленность скорее предпочтет распространять рак, чем потерять доходы).

Возможны и иные коррекции. Другая опасность исходит от образующихся при горении окислов азота и серы. Если соединения азота и серы удалить из топлива до начала процесса или если они удалены из дыма до выброса дыма в атмосферу, то многие клыки загрязнения будут вырваны. В идеале испарения от горящего топлива должны состоять из двуокиси углерода и воды и ничего более. И вполне возможно, что мы сумеем добиться этого идеала (Но и выброс углерода имеет свои опасности, о чем речь пойдет ниже).

Но могут неожиданно появиться новые разновидности за-

грязнителей воздуха. Так, лишь в середине 70-х годов была признана потенциальная опасность применения таких хлорофтористых углеродов, как фреон. Легко превращающиеся в жидкость и совершенно не токсичные, они стали использоваться как охладители (из-за их чередующегося испарения и превращения в жидкость), чтобы заменить такие гораздо более токсичные и опасные газы, как аммиак и двуокись серы. В последние десятилетия их стали применять и в баллончиках для распыления. В этом случае при испускании они превращаются в пар и несут с собой под давлением соответствующее вещество, содержащееся в тонкой струе.

Эти газы непосредственно для жизни безвредны, но в 1976 году было представлено доказательство того, что, попадая в верхние слои атмосферы, они могут уменьшить и в конечном счете разрушить озоновый слой, который существует на высоте около 24 километров над поверхностью Земли. Этот слой озона (активного вида кислорода с молекулами, состоящими из трех атомов кислорода вместо двух – в обычном) непрозрачен для ультрафиолетовой радиации. Он прикрывает поверхность Земли от энергетичного солнечного ультрафиолета, который опасен для жизни. Может быть, только после того, как процессы фотосинтеза в зеленых растениях моря произвели достаточно свободного кислорода, чтобы дать возможность образоваться озоновому слою, жизнь смогла наконец колонизировать сушу.

Если озоновый слой существенно ослабится хлорофто-

ристыми углеводами, так что ультрафиолетовая радиация Солнца станет достигать поверхности Земли с большей интенсивностью, учащаются случаи рака кожи. Или еще хуже, воздействие на микроорганизмы окажется столь радикальным, что это резко повлияет на весь экологический баланс путями, которые мы пока не можем предугадать, но которые, скорее всего, будут крайне нежелательны.

Воздействие на озоновый слой все еще спорно, но применение хлорофторуглеродов в баллончиках уже значительно сократилось, и, может быть, найдут какой-нибудь заменитель для их использования в кондиционерах воздуха и холодильниках.

Но не только атмосфера подвергается загрязнению. На Земле имеется также порядочно воды, то есть «гидросфера». Запас воды на Земле огромен, масса гидросферы примерно в 275 раз больше массы атмосферы. Океан покрывает площадь в 360 миллионов квадратных километров, или 70% поверхности Земли. Площадь океана почти в 40 раз больше площади Соединенных Штатов.

Средняя глубина океана 3,7 километра, так что общий объем океана составляет 1 330 000 000 кубических километров.

Сопоставьте это с потребностями человечества. Если рассмотреть потребление воды для питья, купания, мытья и для сельскохозяйственного и промышленного использования, мир потребляет около 4000 кубических километров во-



ды в год, только 1/330 000 от объема океана.

Это звучит так, как будто даже мысль о нехватке воды нелепа, если бы не тот факт, что сам-то океан как непосредственный источник воды для нас бесполезен. Океан будет носить наши корабли, давать нам отдых и обеспечивать морскими продуктами, но из-за содержащейся в его воде соли мы не можем ее пить, не можем использовать ее ни для мытья, ни для сельского хозяйства, ни для промышленности. Нам нужна пресная вода.

Общий запас на Земле пресной воды около 37 миллионов кубических километров, только 2,7 процента общего запаса воды. Большая ее часть находится в виде твердого льда в полярных регионах и на вершинах гор и тоже не может быть нами прямо использована. Значительная часть находится в виде грунтовых вод, очень глубоко под поверхностью, и ее нелегко извлечь.

Нам необходима жидкая пресная вода на поверхности в виде озер, прудов и рек. А в них запас воды составляет 200 000 кубических километров. Это всего лишь 0,015 процента от общего запаса, но даже это количество в 30 раз больше, чем человечество потребляет за год.

Без сомнения, человечество не зависит от статического запаса пресной воды, мы бы могли пользоваться ею тридцать лет при нынешнем темпе потребления. Вода, которой мы пользуемся, перерабатывается естественным способом. Она в конечном счете стекает по суше в океаны, океаны же

испаряются под Солнцем, производя пар, который в конце концов выпадает в виде снега или дождя. Эти осадки в буквальном смысле – дистиллированная вода.

Около 500 000 кубических километров пресной воды выпадает в виде осадков каждый год. Из этого количества, конечно, много воды попадает прямо в океан, и значительное количество выпадает на земные ледяные шапки и ледники. Примерно 100 000 кубических километров выпадает на сушу, которая не покрыта льдом. Некоторое количество из этого испаряется до того, как может быть потреблено, но около 40 000 кубических километров добавляется в озера, реки и почву континентов каждый год (и равное количество стекает в море). Этот полезный дождевой запас все-таки в 10 раз больше, чем потребляет человечество.

Тем не менее человеческие потребности быстро растут. Потребление воды в Соединенных Штатах за это столетие возросло в десять раз, при таком темпе пройдет немного десятилетий, и с запасами станет плохо.

Довольно верно и то, что осадки не распределяются равномерно ни по пространству, ни во времени. Есть места, где осадков выпадает ниже среднего уровня и где населению дорога каждая упавшая капля. В засушливые годы от засухи резко падают урожаи. И возможный для использования водной запас опасно мал во многих регионах мира уже сейчас.

Это исправимо, если заглянуть вперед, когда погодой научатся управлять, и дождь можно будет заставить идти по ко-

манде в определенных районах. Запас пресной жидкой воды может быть увеличен путем прямой дистилляции морской воды – нечто подобное практикуется сейчас на Среднем Востоке – или, возможно, путем вымораживания соли из морской воды.

Кроме того, ледовый запас мира переходит в океан в виде айсбергов, откалывающихся от краев ледника Гренландии и ледовых пластов Антарктиды. Эти айсберги – огромные резервуары пресной воды, которая тает в океане неиспользованной. Их можно отбуксировать к засушливым берегам и использовать там.

И еще – грунтовая вода, которая располагается даже под пустынями. Она может быть извлечена более эффективно, а поверхности озер и резервуаров можно покрыть тонкой пленкой безвредных химических веществ, чтобы уменьшить испарение.

Итак, вопрос поставки пресной жидкой воды может не оказаться серьезной проблемой. Более опасна проблема загрязнения.

Продукты отходов живых существ, обитающих в воде, собственно говоря, откладываются в воде, в которой они живут. Эти отходы разбавляются и перерабатываются благодаря природным процессам. Отходы животных, обитающих на суше, откладываются на суше, где они по большей части разлагаются микроорганизмами и перерабатываются. Отходы человека следуют по тому же циклу, и они также могут быть

переработаны, хотя большие концентрации населения имеют тенденцию перегружать регионы отходами, в особенности вокруг крупных городов.

Но еще хуже химикаты, которые индустриализованное человечество использует и производит, сбрасывает в реки и озера, и в конечном счете они достигают океана. Так, в прошлом веке люди начали применять химические удобрения, содержащие фосфаты и нитраты, в больших и все возрастающих количествах. Они, конечно, отлагаются в земле, но дождь вымывает некоторые из этих химикатов в близлежащие водоемы. Поскольку фосфаты и нитраты необходимы для жизни, рост организмов в подобных водоемах, особенно в озерах, сильно ускоряется, происходит процесс, называемый «эвтрофикация» (от греческого слова, означающего «хороший рост»).

Звучит это неплохо, но организмы, рост которых ускоряется, это – главным образом водоросли и другие одноклеточные организмы, которые растут огромными темпами и забивают другие формы жизни. Когда водоросли умирают, они разлагаются бактериями, которые в этом процессе потребляют из воды значительное количество растворенного в ней кислорода, так что более глубокие районы становятся буквально безжизненными. Озеро таким образом теряет свою ценность как источник рыбы или, по этой же причине, питьевой воды. Эвтрофикация ускоряет в озере естественные изменения, которые являются причиной его заполнения рас-

тительностью и превращения сперва в болото, а затем в настоящую сушу. Что нормально произошло бы в течение тысяч лет, может совершиться за какие-то десятилетия.

Если такие превращения дают вещества, полезные для жизни, то что можно сказать насчет настоящих ядов?

Во многих случаях химическая промышленность производит вещества, которые ядовиты для жизни, и отходы, содержащие их, сбрасываются в реки и озера в расчете на то, что они там растворятся до безвредной концентрации и разрушатся благодаря естественным процессам.

Даже если химикаты не являются напрямую вредными, при значительной концентрации они способны накапливаться в живых формах, когда простые формы поглощают яд, а их поедают более сложные формы. В таком случае, даже если вода остается питьевой, водные формы становятся несъедобными. К настоящему моменту в индустриализованных Соединенных Штатах почти все реки и озера до определенной степени загрязнены, многие – сильно.

Конечно, все эти химические отходы в конце концов смываются в океан. Можно подумать, что океан, который так обширен, способен поглотить любое количество произведенных отходов, как бы нежелательны они ни были, но это не так.

Ныне океану приходится поглощать невероятное количество нефтепродуктов и других отходов. Из-за крушений нефтеналивных танкеров, мытья нефтеналивных баков, сли-

ва отработанных машинных масел в океане ежегодно оказывается от 2 до 5 миллионов тонн нефти. Ежегодный объем корабельного мусора достигает 3 миллионов тонн. Свыше 50 миллионов тонн сточных вод и других отходов поступает в океан каждый год только из Соединенных Штатов. Не все эти загрязнения опасны, но частично – опасны, причем количество загрязнений, ежегодно поступающих в океан, неуклонно возрастает.

Регионы по берегам континентов, наиболее богато наделенные жизнью, испытывают самые серьезные последствия загрязнения. Например, десятую часть прибрежных вод Соединенных Штатов, которая использовалась ранее для добычи моллюсков, теперь уже использовать невозможно.

Загрязнение воды, если оно будет бесконечно продолжаться, угрожает не только пригодности к употреблению нашего пресноводного запаса в не очень отдаленном будущем, но также и жизнеспособности океана. Если мы представим себе океан настолько отравленным, что он станет безжизненным, то пропадут микроскопические зеленые растения («планктон»), которые плавают на поверхности или около поверхности, а они ответственны за возобновление 80% кислорода в нашей атмосфере. Почти наверняка жизнь не сможет надолго пережить смерть океана.

Все же такое не обязательно случится. Отходы, которые так опасны, до того, как сбросить их в воду, можно обработать таким способом, что снизится их вред, определенные

яды можно вообще объявить вне закона и не производить их или же уничтожать сразу после производства. Если будет происходить евтрофикация воды, водоросли можно собирать из озерных вод, чтобы извлекать из них нитраты и фосфаты, которые можно использовать еще раз на суше для удобрения.

И еще о суше. Тут также существуют твердые отходы, которые не поступают ни в атмосферу, ни в гидросферу, – мусор, хлам. Они производятся людьми с начала цивилизации. Древние города Среднего Востока позволяли скапливаться своему хламу и мусору и в конце концов строили на нем новые дома. Все разрушенные древние города сами окружили себя насыпями из мусора, и археологи вкапываются в мусор, чтобы по нему узнать о жизни тех времен.

Мы теперь вывозим твердый мусор и сваливаем его в неиспользуемом районе. Все города поэтому имеют районы, где ржавеет неисчислимое количество старых автомобилей и горы другого мусора, которые служат охотничьими угодьями для миллиардов крыс.

Эти отходы скапливаются без конца. В крупных городах каждый день приходится вывозить многие тонны мусора (в промышленных районах более тонны на человека в год), и уже кончаются места, где можно устраивать свалки.

Серьезной особенностью проблемы является то, что твердые отходы не так-то быстро перерабатываются в ходе естественных процессов. Особенно долго живут алюминий и

пластмасса. И все же способы их переработки можно придумать, собственно, нужно придумать. Именно эти свалки, как я указывал ранее, образуют своего рода залежи использованных металлов.

## **Энергия старая**

Проблемы истощения ресурсов и загрязнения окружающей среды имеют одно и то же решение – переработку (Здесь речь идет только о материальном загрязнении. Существуют другие виды загрязнения, которые невозможно переработать и которые будут рассмотрены ниже). Ресурсы – это то, что извлекается из окружающей среды, а загрязнитель – это то, что возвращается в окружающую среду в избытке по сравнению с тем, что может быть переработано благодаря естественным процессам. Люди должны ускорить процесс переработки для того, чтобы восстанавливать ресурсы так же быстро, как они потребляются, и устранять загрязнение настолько быстро, насколько быстро оно создается. Могут быть созданы ускоренные циклы и в некоторых случаях такие, которые не имеют места в природе.

Решение обеих проблем требует времени, труда и разработки новых технологий. Требуется еще одна вещь – энергия. Энергия требуется, чтобы вести разработку морского дна, чтобы добраться до Луны, чтобы сконцентрировать тонкое рассеяние элементов, или для того, чтобы построить из



простых веществ сложные. Требуется энергия и для того, чтобы уничтожить нежелательные отходы, или обработать их до безвредного уровня, или удалить их. Сколь упорно и решительно, сколь новаторски мы ни научились бы трансформировать цикл для того, чтобы ресурсы продолжали поступать, а загрязнение бы исчезало, – это требует энергии.

В отличие от материальных ресурсов энергию нельзя использовать бесконечно: она не перерабатывается. В то время как энергию невозможно уничтожить, часть ее любого фиксированного количества, которая может быть преобразована в работу, неуклонно уменьшается в соответствии со вторым началом термодинамики. Поэтому у нас больше оснований волноваться об энергии, нежели о других ресурсах.

Короче, говорить об истощении ресурсов в целом, это значит говорить лишь о возможности истощения нашего энергетического запаса. Если у нас есть большой и непрерывный запас энергии, тогда мы можем использовать его для переработки наших материальных ресурсов, и мы ничего не истощим. Если у нас будет лишь скудный запас энергии или если запас истощится, то мы потеряем возможность манипулировать окружающей нас средой, а также утратим все другие ресурсы.

Каково же у нас положение с энергией?

Главный источник энергии здесь, на Земле – это радиация Солнца, в которой мы постоянно купаемся. Растительная жизнь преобразует энергию солнечного света в химиче-

скую энергию, сохраняемую в ее тканях. Животные, поедая растения, создают свои запасы химической энергии.

Солнечный свет преобразуется также в неживые формы энергии. Благодаря неравномерному нагреву Земли образуются течения в океане и в воздухе, подобная энергия иногда может быть сильно сконцентрирована, например, в ураганах и торнадо. Благодаря испарению океаном воды и затем ее конденсации в виде осадков на суше образуется энергия текущей воды.

Существуют также несолнечные, менее значительные источники энергии. Это – внутреннее тепло Земли, которое дает о себе знать более или менее слабо в виде горячих источников и гейзеров и сильно – в виде землетрясений и извержений вулканов. Это – энергия вращения Земли, которая проявляется в приливах и отливах. Это – энергия радиации от других источников, помимо Солнца (звезд, космических лучей), и естественная радиоактивность таких элементов, как уран и торий, в земле.

Растения и животные в большинстве случаев используют в своих тканях запасы химической энергии, хотя даже простые формы жизни могут использовать и неживую энергию – так растения дают своей пыльце и семенам разлетаться по ветру.

То же самое и древние люди. Они использовали свою мускульную энергию, перенося ее и концентрируя с помощью орудий. Это, естественно, нельзя отвергнуть. Много можно

сделать с помощью колес, рычагов и клиньев, если даже за ними только человеческие мускулы. Пирамиды Египта были построены таким образом.

Даже до начала цивилизации люди научились использовать мускулы животных для того, чтобы дополнять свой труд. Это в ряде случаев было шагом вперед от использования силы рабов. Животные были более послушны, чем люди, и животные могли есть пищу, которую люди есть бы не стали, так что от них не было ущерба пищевому запасу. Наконец, энергия некоторых животных более концентрирована, и они могут применять ее с большей силой, чем человек.

Вероятно, наиболее успешно одомашненным животным с точки зрения скорости и силы была лошадь. До начала девятнадцатого века люди не могли передвигаться по земле быстрее, чем лошадь галопом; и сельское хозяйство такой страны, как Соединенные Штаты, зависело от количества и здоровья ее лошадей.

Люди использовали также неживые источники энергии. Товары можно было сплавать на плотях, используя течение реки. Паруса с помощью ветра могли двигать корабль и против течения. Водные течения могли быть также использованы для вращения водяного колеса, а ветер – для вращения крыльев ветряной мельницы. В океанских портах корабли могли пользоваться приливами и отливами для отправки в море.

Все эти виды энергии были, однако, ограничены. Они

либо давали только определенное количество энергии, как делала лошадь, либо были подвержены бесконтрольным колебаниям, что можно отнести к ветру, либо были привязаны к определенному географическому месторасположению, как реки с быстрым течением.

Однако наступил поворотный момент, когда человек впервые использовал неживой источник, который был в его распоряжении в любом необходимом количестве, на любое необходимое время, который можно было переносить и полностью контролировать, – огонь.

Что касается огня, то никакие другие организмы, кроме гоминидов, не осуществили ни малейшего продвижения в направлении его использования. Это самая четкая разделительная линия между гоминидами и другими организмами. (Я сказал «гоминиды», потому что огонь впервые использовал не *Homo sapiens*. Существует определенное свидетельство, что огонь использовался в пещерах в Китае, в которых по крайней мере полмиллиона лет назад обитал очень древний вид *Homo erectus*.) Огонь естественным образом появляется тогда, когда в дерево бьет молния, и несомненно первое использование огня было только последующим явлением. Подбирали огонь от дерева, пораженного молнией, питали его деревом, не давали угаснуть. Потухший костер на стоянке приводил к серьезному неудобству, потому что надо было искать огонь, который послужил бы для зажигания нового костра, а если его было не найти, неудобство превра-

щало в катастрофу.

Вероятно, только к 7000 году до н. э. были открыты методы разжигания огня трением. Как к этому пришли, где и когда метод был впервые использован, неизвестно и, может быть, никогда и не будет известно, но по крайней мере мы знаем, что открытие было сделано *Homo sapiens*, потому что к этому времени (и задолго до этого времени) это был единственный гоминид.

Главным топливом для огня в древности и в средние века было дерево (Жиры, масла и воски животного происхождения использовались в лампах и в свечах, но их вклад был незначительным). Другие энергетические ресурсы не могут быть использованы быстрее, чем они обновляются. Люди и животные устают и должны отдыхать. У ветра и воды фиксированное количество энергии, и больше от них взять нельзя. Не так обстоит дело с деревом. Растительные формы постоянно растут и замещают себя, так что до определенного предела истребление дерева может быть приемлемым. Но дерево может быть использовано и в темпе, опережающем темп восстановления, и люди в этом случае запускают руку в запасы будущего.

Так как использование огня с ростом народонаселения и развитием все более передовой техники неуклонно возрастало, стали исчезать леса в непосредственной близости от центров цивилизации.

Возможности сберечь лес тоже не было, потому что каж-

дое продвижение техники увеличивало потребность в энергии, а люди никогда не хотели отказываться от своих технических достижений. Так, плавка меди и олова требовала тепла, а это означало сжигание дерева.

Плавка железа потребовала еще больше тепла, но дерево не могло дать достаточно высокой температуры. Однако, если дерево сжигалось при малой циркуляции воздуха или вообще без его доступа, середина древесного штабеля обжигалась дочерна и превращалась в почти чистый уголь (древесный уголь). Этот древесный уголь горел медленнее, чем дерево, не давал буквально никакого света, но создавал гораздо более высокую температуру, чем горящее дерево. Древесный уголь сделал плавку железа практичной (снабдил его углеродом и сделал полезным). Однако производство древесного угля вело к большим древесным отходам.

Леса продолжали отступать под натиском цивилизации, но даже при этом еще полностью не исчезли. Около 10 миллиардов акров, или 30 процентов всей суши на Земле, составляют леса.

Конечно, в наши дни предпринимаются усилия, чтобы сохранить лес и использовать его лишь в тех пределах, в которых можно восстановить. Каждый год может быть заготовлен 1 процент нарастающей древесины, и это составляет около 2 миллиардов кубических метров дерева. Из этого количества почти половина еще используется как топливо, главным образом в менее развитых странах мира. Вероятно, сейчас

дерева в виде топлива употребляется больше, чем когда население мира было намного меньше, чем сегодня. Леса, которые остаются, сохраняются в неизменном виде (что, между прочим, не совсем хорошо) лишь потому, что дерево не является основным топливом и энергетическим источником человечества.

Значительная часть дерева образовалась в очень древние периоды истории Земли и полностью не исчезла, а, будучи погребена в болотах, сохранилась в условиях, когда атомы всех элементов, кроме углерода, были удалены. Этот углерод оказался погребенным под осадочными породами и претерпел сильное сжатие. Большие его количества, являющиеся окаменелой древесиной, находятся под землей. Это не что иное, как каменный уголь, который представляет собой сохраненную химическим способом энергию, произведенную Солнцем за сотни миллионов лет.

Мировые запасы угля оцениваются примерно в 8 триллионов тонн. Если это так, то содержание углерода в земных запасах каменного угля в два раза больше, чем в ныне существующих организмах.

Уголь, по-видимому, жгли в Китае уже в средние века. Марко Поло, который посетил двор Хубилай-хана в тринадцатом веке, сообщал, что черные камни сжигались в качестве топлива, и именно после этого его стали жечь то тут, то там в Европе, впервые в Нидерландах.

Тем не менее в широких масштабах употребление угля на-

чалось в Англии. В пределах границ этого небольшого королевства сокращение лесов оказалось очень значительным. Стало проблемой не только отопление домов в этом далеко не таком уж солнечном климате, но и удовлетворение потребностей в топливе растущей промышленности страны, а, кроме того, еще существовал английский флот, от которого зависела безопасность нации.

К счастью для Англии, в северной части страны нашелся легко добываемый уголь. Собственно, именно в Англии было выходов угля на поверхность больше, чем в любом другом регионе сопоставимого размера. К 1660 году Англия добывала 2 миллиона тонн угля ежегодно, это свыше 80 процентов угля, добываемого тогда в мире, и это стало главным фактором сохранения ценных и все более скудных лесов. (В наши дни добыча угля в Великобритании составляет около 150 миллионов тонн в год, но это лишь 5 процентов мировой добычи.) Уголь был бы особенно полезен, если бы его можно было использовать для плавки железа, потому что заготовка древесного угля приносила много отходов, и плавка железа была главной причиной уничтожения лесов.

В 1603 году Хью Платт (1552—1608) открыл способ нагревания каменного угля для избавления от побочных веществ, в результате получался почти чистый углерод, названный коксом. Кокс оказался замечательным заменителем древесного угля при выплавке железа.

В 1709 году английским металлургом Абрахамом Дерби



(1678—1717) был усовершенствован способ изготовления кокса, и сразу же уголь начал занимать свое истинное место в качестве основного источника энергии в мире. Именно уголь придал сил промышленной революции в Англии, потому что горящий уголь нагревал воду, которая превращалась в пар,двигающий паровые машины, которые вращали колеса фабрик, локомотивов и пароходов. Именно уголь Рурского бассейна, Аппалачей, Донецкого бассейна сделал возможной индустриализацию, соответственно, Германии, Соединенных Штатов и Советского Союза.

Дерево и уголь – это твердое топливо, но существует также топливо жидкое и газообразное. Растительные масла могли быть использованы как жидкое горючее в лампах, а дерево при нагревании выделяло легковоспламеняемые пары. Собственно, именно сочетание этих паров в воздухе создает пляску пламени. Твердое топливо, которое не производит паров, как, например, древесный уголь и кокс, – просто тлеет.

Однако только в восемнадцатом веке научились производить и сохранять горючие газы. В 1766 году английский химик Генри Кавендиш (1731—1810) получил и изучил водород, который он назвал «огневым газом» за его легкую воспламеняемость. Водород при горении дает значительно большее количество тепла, чем уголь, – 250 калорий на грамм по сравнению с 62 калориями для лучших сортов угля.

Недостатком водорода является то, что он горит слишком быстро, а если его перед зажиганием смешать с кислородом, то достаточно поднести искру, и он взрывается со страшной силой. Слишком возможно и его случайное смешивание.

Однако, если обычные сорта угля нагреваются без доступа воздуха, то выделяются легковоспламеняющиеся пары. Это «угольный газ», он только наполовину состоит из водорода. Вторая его половина – это углеводород и окись углерода, смесь эта в целом горюча, но уже не столь взрывоопасна.

В 1800 году шотландский изобретатель Уильям Мердок (1754—1839) использовал струи горящего угольного газа для освещения своего дома доказывая, что его взрывоопасность низка. В 1803 году он использовал газовое освещение на своей фабрике, а в 1807 году газом стали освещать улицы Лондона.

В то же время в горах обнаруживали просачивающийся из недр маслянистый, легковоспламеняющийся материал, впоследствии его стали называть английским словом «петролеум» (от латинских слов «каменное масло»), потом и еще более употребительным словом – просто oil, или нефть. Как уголь является продуктом лесов минувших эпох, так и нефть – продукт одноклеточной морской жизни прошлых эпох.

Древним были известны довольно близкие к нефти по составу, выходившие на поверхность, но твердые материалы. Они назывались «битумом» или «варом» и применялись в качестве водонепроницаемой пропитки. Арабы и персы хо-

рошо знали о воспламеняемости их жидких частей.

В девятнадцатом веке велись поиски газов или легко испаряющихся жидкостей, чтобы лучше удовлетворять потребности освещения, вместо используемых тогда угольного газа и китового жира. Нефть оказалась подходящим веществом, ее можно было перегонять, и жидкая ее часть – «керосин» – была идеальна для ламп. Единственно, что было необходимо, это – большие запасы нефти.

В Титусвилле, штат Пенсильвания, имелись выходы нефти на поверхность, ее собирали и продавали как патентованное лекарство. Железнодорожный кондуктор Эдвин Лаурентин Дрейк (1819—1880) сделал вывод, что под землей имеется большой запас нефти, и предпринял бурение. В 1859 году он успешно создал первую продуктивную скважину, после чего бурение стали производить повсюду, и родилась современная нефтяная промышленность.

С тех пор из земли с каждым годом добывалось все больше и больше нефти. Появление автомобиля с двигателем внутреннего сгорания, который работал на бензине (жидкой фракции нефти, которая испаряется еще легче, чем керосин), придало колоссальное ускорение промышленности и заставило еще больше увеличивать добычу нефти. Существуют также газообразные фракции нефти, главным образом метан (с молекулами, состоящими из одного атома углерода и четырех атомов водорода), называемый еще «природный газ».

С началом двадцатого века потребление нефти стало заметно обгонять потребление угля, а после Второй мировой войны она стала главным топливом промышленности во всем мире. Таким образом, уголь, обеспечивавший до Второй мировой войны 80 процентов энергетических потребностей Европы, в 70-е годы обеспечивал только 25 процентов этих потребностей. Мировое потребление нефти более чем учетверилось со времени Второй мировой войны и сейчас составляет около 60 миллионов баррелей в день (Баррель – примерно 160 литров. Все данные в книге даны на момент ее написания).

Общее количество нефти, добытой в мире со времени открытия первой нефтяной скважины Дрейка, составляет около 350 миллиардов баррелей, причем половина этого количества использована за последние двадцать лет. Общий запас нефти, еще остающейся в земле, оценивается в 660 миллиардов баррелей, и при нынешних темпах потребления ее хватит только на тридцать три года.

Это серьезная проблема. Нефть – это наиболее удобное топливо, и количество ее в наличии таково, какого люди никогда еще прежде не находили. Ее легко добыть, легко транспортировать, легко очищать, легко использовать – и не только ради получения энергии, но и как источник разнообразных синтетических материалов – краски, лекарства, синтетическое волокно, пластмасса. Именно благодаря нефти индустриализация распространяется по миру огромными тем-

пами.

Переключение с нефти на другой энергетический источник причинит огромные неудобства и потребует больших капитальных затрат, хотя это безусловно придется когда-нибудь делать. При этом неуклонно растущий темп потребления нефти и перспектива неизбежного падения производства при ее недостатке поднимают цену на нефть до небес. В 70-е годы это существенно лихорадит мировую экономику. К 90-м годам производство нефти, вероятно, упадет ниже потребностей, и если другие энергетические источники не закроют брешь, мир столкнется с нехваткой энергии (Открытие к этому времени новых месторождений нефти как на суше, так и на континентальном шельфе, открытие месторождений природного газа ныне в значительной степени смягчили эту проблему). Все опасности истощения ресурсов и загрязнения воды и воздуха обострятся, именно энергетический голод в домах, на фабриках и на фермах приведет к недостатку тепла, товаров и даже пищи.

В этом случае представляется неуместным опасаться катастроф Вселенной, Солнца, Земли; не стоит опасаться черных дыр и внеземных вторжений. Вместо этого не должны ли мы на протяжении жизни нынешнего поколения подумать о том, что запас доступной энергии, который неуклонно рос на протяжении всей истории человечества, наконец пройдет свой пик и начнет падать, и не погубит ли это человеческую цивилизацию, не вызовет ли отчаянную атомную войну за

последние крохи, и на том закончится всякая надежда на выздоровление человечества?

Это катастрофа, с которой мы столкнемся скорее, чем с любой другой, которые я рассматривал выше.

## **Энергия новая**

Хотя перспектива энергетического голода может рассматриваться как неминуемая и ужасная, она все-таки не неизбежна. Это катастрофа, которую создает человек, и поэтому она поддается человеку: он может ее отложить или избежать ее.

Как и в случае с ресурсами, существуют контрмеры.

Во-первых, существует сбережение.

В течение двухсот лет человечеству порядком везло, что оно располагало достаточно дешевой энергией, и это имело не очень приятные побочные эффекты. Мало было причин идти в направлении сбережения энергии, но было сильное искушение – двигаться в направлении усиливающегося потребления.

Однако эра дешевой энергии закончилась (по крайней мере на время). Соединенные Штаты, например, больше не в состоянии обеспечивать себя своей нефтью. Они произвели нефти намного больше, чем любая другая страна, но именно по этой причине ее резервы сейчас истощаются быстрее, как раз когда национальный темп потребления движется вверх.

Это означает, что Соединенные Штаты должны импортировать все больше и больше нефти. Это склоняет торговый баланс во все более неблагоприятном направлении, оказывает невыносимое давление на доллар, ведет к повышению инфляции и в общем неуклонно подрывает американскую экономику.

Сбережение поэтому для нас не только желательно, но и необходимо.

А сберегать энергию есть где, начиная с устранения величайших расточителей энергии – различных военных машин мира. С тех пор как война стала невозможна без самоубийства, обеспечение конкуренции военных машин при астрономических ценах на энергию, в условиях, когда основной мировой запас ее быстро сокращается, – явно неразумно.

Помимо прямого сбережения нефти, существуют прямые возможности увеличения эффективности добычи, при которых нефть может продолжать извлекаться из существующих скважин, так что «сухие» скважины смогут продолжать выдавать нефть.

Кроме того, может быть увеличена эффективность, с которой энергия извлекается из сжигаемой нефти (или в общем из сжигаемого топлива). В настоящее время тепло от горящего топлива производит взрывы, которые приводят в движение части двигателя внутреннего сгорания, или оно преобразует воду в пар, давление которого вращает турбину, вырабатывающую электричество. В таких устройствах толь-

ко 25—40 процентов энергии сжигаемого топлива превращается в полезную работу, остальное теряется как неиспользованное тепло. И мало надежды значительно повысить эффективность.

Существует, однако, другая стратегия. Горящим топливом можно нагревать газы, пока атомы и молекулы не расщепятся на электрически заряженные частицы, которые можно пропускать через магнитное поле, создавая таким образом электрический ток. Такие процессы «магнитогидродинамики» (МГД) будут действовать с существенно более высокой эффективностью, чем обычные технологии.

Теоретически возможны технологии выработки электричества и накопления его в электрических батареях путем прямого соединения топлива с кислородом, минуя промежуточное производство тепла. Здесь достижима эффективность 75 процентов, а то и все 100 процентов. До сих пор такие «топливные батареи» не разработаны, хотя трудности, которые стоят на этом пути, можно преодолеть.

Если уж на то пошло, могут быть найдены новые нефтяные источники. История последнего полувека – это история последовательных предсказаний истощения нефтяных ресурсов, которые не оправдывались. Перед Второй мировой войной представлялось, что добыча нефти достигнет пика и пойдет на убыль в 40-е годы; после войны дата была отложена на 60-е, сейчас – на 90-е. Так она и будет откладываться.



Ясно, что мы не можем на это рассчитывать. Что больше всего влияло на перенесение расчетного дня, это открытие время от времени новых нефтяных ресурсов. Самое крупное из этих открытий – это довольно удивительная находка в годы после Второй мировой войны: было обнаружено, что нефтяные резервы Среднего Востока неожиданно огромны. В настоящее время 60 процентов известных нефтяных резервов сконцентрировано в маленьком районе около Персидского залива (который был также главным местонахождением – вот любопытное совпадение, – самой ранней цивилизации человечества).

Маловероятно, чтобы мы еще раз столкнулись с такой богатой находкой. С каждым десятилетием все большие площади Земли прочесываются в поисках нефти посредством все более сложной техники. Мы нашли некоторое количество нефти на Аляске, некоторое количество в Северном море, мы все более тщательно проводим разведку на континентальном шельфе, но наступит день, когда уже больше нечего будет находить, не останется больше запасов нефти.

Мы можем заниматься сбережением, увеличивать эффективность старых скважин и строить новые, но представляется неизбежным, что пройдет немного времени, и не успеет закончиться двадцатый век, как все нефтяные скважины окажутся почти иссякнутыми. Что же тогда?

Когда это произойдет, нефть смогут получать из других источников, помимо нефтяных скважин, где нефть находят-

ся в пустотах подземных пород и откуда она сравнительно легко извлекается. Существует еще сланец, горная порода, которая содержит смолистое органическое вещество, называемое «кероген». Если сланец нагреть, то молекулы керогена расщепляются, и получается вещество, очень похожее на сырую нефть. Количество такой сланцевой нефти в земной коре должно быть примерно в 3000 раз больше обычной нефти. Одно месторождение нефтяного сланца в Соединенных Штатах может содержать нефти в семь раз больше всей нефти на Среднем Востоке.

Проблема в том, что сланец надо добывать шахтным способом, его необходимо нагревать и произведенную нефть (даже самый богатый сланец дает лишь два барреля на тонну породы) придется рафинировать не совсем теми методами, которые сейчас применяются. После этого еще придется как-то избавляться от отработанного сланца. Трудности и расходы очень велики, а обычная нефть еще слишком доступна, чтобы заставить людей делать капитальные вложения. Однако в будущем, когда нефти станет меньше, сланцевая нефть может послужить для того, чтобы приостановить спад (разумеется, цена ее будет выше).

Затем, конечно, существует каменный уголь. Уголь был основным источником энергии до того, как его заменила нефть, и он все еще есть, его можно добывать. Обычно считают, что в земле угля достаточно для того, чтобы мир был в движении при существующем темпе потребления энергии на

протяжении тысяч лет. Однако в настоящий момент не всякий уголь можно добыть практикующимися шахтными методами. Даже по самой скромной оценке уголь будет существовать еще несколько сотен лет, и к тому времени технологии шахтных работ могут усовершенствоваться.

С другой стороны, шахтная добыча опасна. Происходят взрывы, обрушения, случаются удушья. Работа физически тяжелая, шахтеры умирают от заболеваний легких. Процесс работы в шахтах имеет тенденцию загрязнять землю вокруг шахты, громоздить горы шлака и пустой породы. После того как уголь извлечен из шахты, его надо транспортировать, это гораздо более трудная задача, чем качать нефть по трубопроводу. С углем гораздо труднее обращаться, чем с нефтью, он оставляет тяжелую золу, а также (если не принимаются меры по очистке угля перед использованием) загрязняющий воздух дым.

И все же мы можем ожидать, что к углю подойдут с новыми, более сложными технологиями. Поверхность земли можно восстановить. (Конечно, потребуются время, труд и деньги, чтобы это сделать.) Затем, чтобы избежать огромных расходов и трудностей по перевозке навалом, многое можно сделать на шахтной площадке.

Например, на шахтной площадке можно сжечь уголь, чтобы произвести электричество по технологии магнетогидродинамики. В таком случае придется транспортировать именно электричество, а не уголь.

Уголь также можно нагревать в угольной шахте, чтобы получить газы, включая окись углерода, метан и водород. Их можно так обработать, чтобы получить эквиваленты природного газа, бензин и другие нефтепродукты. И тогда надо будет транспортировать нефть и газ, а не уголь, и угольные шахты станут нашими новыми нефтяными скважинами.

Даже тот уголь, который должен использоваться как уголь (например, при производстве железа и стали), может использоваться более эффективно. Его можно превратить в тонкую пыль, которую, возможно, удастся перевозить, воспламенять и сжигать с ненамного большими трудностями, чем нефть.

Наряду со сланцевой нефтью и угольными шахтами, мы вполне могли бы тогда использовать нашу нефть до того, как окончательно иссякнут нефтяные скважины, и принципиально не менять технологию еще несколько веков.

Существует, однако, серьезная опасность, связанная с зависимостью от нефти и угля и не зависящая от того, насколько развиты наши технологии. Эти «ископаемые виды топлива» залегли под землю за сотни миллионов лет, они представляют много триллионов тонн углерода, который все это время не был в атмосфере ни в какой форме.

Сейчас мы сжигаем эти виды топлива все большими и большими темпами, превращая углерод в двуокись углерода и выбрасывая ее в атмосферу. Часть ее растворится в океане, часть ее может быть поглощена более интенсивным ростом растений, который может быть ускорен ее наличием. Часть

ее, однако, останется в воздухе и повысит содержание двуокиси углерода в атмосфере.

Например, в 1900 году содержание двуокиси углерода в атмосфере составляло 0,029 процента, а теперь достигло 0,032 процента. По предварительной оценке к 2000 году концентрация двуокиси углерода достигнет 0,038 процента, то есть увеличение за век примерно на 30 процентов. Это, должно быть, результат, во всяком случае частично, сгорания ископаемых видов топлива, хотя это, также частично, может быть следствием отступления лесов, более эффективных поглотителей углерода, чем другие виды растительности.

Увеличение содержания в атмосфере двуокиси углерода, конечно, невелико. Даже если процесс сгорания ископаемых видов топлива продолжится и ускорится, оценено, что самая высокая концентрация, которой мы, вероятно, достигнем, будет 0,115 процента. Но даже это не отразится на нашем дыхании.

Однако нам надо беспокоиться не о дыхании. Не требуется большого увеличения концентрации двуокиси углерода в атмосфере, чтобы значительно усилить парниковый эффект. Средняя температура Земли могла бы быть в 2000 году на один градус по Цельсию выше, чем в 1900 году из-за добавившейся двуокиси углерода (Конечно, парниковому эффекту противодействует тот факт, что в результате деятельности промышленности в воздух выбрасывается также и

больше пыли. Это повышает уровень отражения атмосферой солнечного света в космос, и это может охлаждать Землю. Действительно, у нас были необычно холодные зимы в 70-е годы. Однако в конце концов согревающий эффект двуокиси углерода безусловно выиграет эту гонку, особенно если мы не примем меры по очистке атмосферы, когда ее загрязнение достигнет опасного уровня). Я взял бы больший период, чтобы достичь точки, когда климат Земли будет испытывать серьезное воздействие и когда ледовые шапки Земли могут начать таять с губительными последствиями для континентальных низин.

Собственно, существует и такое мнение, что если содержание двуокиси углерода увеличится выше определенной точки, небольшое увеличение средней температуры океана высвободит двуокись углерода из раствора ее в океанской воде, что соответственно усилит парниковый эффект и поднимет температуру океана еще выше, высвобождая еще больше двуокиси углерода, и так далее. Подобный «неудержимый парниковый эффект» в конце концов может поднять температуру выше точки кипения и сделать Землю необитаемой, и это будет, безусловно, катастрофическим последствием сжигания ископаемых видов топлива.

Некоторые полагают, что период мягкого парникового эффекта в прошлом оказал на Землю радикальное воздействие. Около 75 миллионов лет назад тектонические процессы произвели изменения земной коры таким образом, что вызвали

усыхание ряда мелких морей. Эти моря были особенно богаты водорослями, которые абсорбировали двуокись углерода из воздуха. Содержание атмосферной двуокиси поэтому увеличилось, и Земля стала теплее.

Крупные животные имеют меньшую способность понижать температуру тела, чем мелкие, и им гораздо труднее сохранять свою относительно невысокую температуру, не давая ей повышаться. В особенности клетки спермы, которые особенно чувствительны к теплу, могли быть повреждены в это время, так что крупные животные потеряли способность к воспроизведению потомства. Может быть, таким образом и вымерли динозавры.

Не ожидает ли и нас похожая и даже худшая судьба, которую мы уготовим сами себе?

В других подобных случаях я полагался на наши достижения в будущем, которые могли бы нам помочь противостоять катастрофе или избежать ее, и мы можем представить себе человечество способным обработать атмосферу таким образом, чтобы извлечь избыточную двуокись углерода. Однако если начнет свое действие «неудержимый парниковый эффект», он (в отличие от катастрофы наступления ледникового периода или расширяющегося Солнца), вероятно, обрушится столь стремительно, что трудно представить нашу технику, продвигающуюся вперед настолько быстро, чтобы она могла нас спасти.

Тогда вполне может статься, что проекты поиска новых

нефтяных скважин или замены нефти сланцем или углем, являются вопросом, не имеющим практического значения, что существует критический уровень темпа, которым мы можем сжигать ископаемое топливо любого рода и из любого источника без риска парниковой катастрофы. Оставляет ли это нам какие-нибудь альтернативы, или же нам надо в отчаянии ждать, что цивилизация так или иначе потерпит крах в течение следующего века?

Альтернатива есть. Существуют старые источники энергии, которые человечество знало до того, как на сцене появились ископаемые виды топлива. Существуют наши мускулы и мускулы животных. Существует ветер, движущая сила воды, приливы и отливы, внутреннее тепло Земли, дерево (Источники энергии могут быть очень неожиданными. Так, 13 января 1998 года программой развития нетрадиционных источников энергии ЕС Thermie в Нортгемптоне в Англии намечено строительство электростанции, действующей на курином помете. Предполагается, что она будет сжигать в топках 120 тысяч тонн куриного помета в год). Все они производят энергию и не имеют в качестве последствия загрязнения, и все они возобновляемы и неиссякаемы. Более того, их можно использовать более сложным образом, чем ранее.

Например, нам не нужно как сумасшедшим рубить деревья, чтобы жечь их ради тепла или, чтобы выжечь древесный уголь для сталелитейной промышленности. Мы можем выращивать специальные культуры, разводимые за их высокую



скорость поглощения двуокиси углерода, и приготовить из них биомассу. Мы можем сжечь эти специально выращенные культуры прямо или все же лучше вырастить определенные разновидности, из которых можно выделить горючее масло или из которых мы сможем получить спирт. Такие естественно произведенные виды топлива могут помочь нашим будущим автомобилям и фабрикам.

Большим преимуществом топлива, произведенного из растений, является то, что оно не добавляет двуокиси углерода в воздух. Топливо это включает в себя двуокись углерода, которая поглощалась месяцами или годами до этого и которая возвращается в атмосферу, откуда недавно поступила.

Опять же ветряные мельницы или их эквивалент могли бы быть построены гораздо более эффективно, чем их средневековые предшественники, и могли бы извлекать гораздо больше энергии, используя силу ветра.

В прежние времена приливы и отливы использовали для того, чтобы просто выводить корабли из гаваней. Теперь они могут быть использованы для того, чтобы при высоком приливе наполнять резервуары и при низком отливе за счет падения воды вращать турбины и производить электричество. Были предложения и о том, чтобы для получения электричества использовать разницу температур в глубине и на поверхности океана в тропиках, использовать непрекращающееся движение океанских волн.

Все эти виды энергии, вообще говоря, безопасны и вечны.

Они не дают опасного загрязнения и всегда будут возобновляться, пока существуют Земля и Солнце.

Однако все эти источники энергии маломощны. Вот в том-то и дело, что они ни по отдельности, ни даже все вместе не могут обеспечить потребности человечества в энергии, как последние два столетия делают уголь и нефть. Это не означает, что они не важны. С одной стороны, каждый из этих видов энергии в каком-то одном определенном месте и по какой-то определенной причине может быть наиболее удобным видом энергии. А все они вместе могут служить для продления времени использования ископаемых видов топлива. При всех этих других видах доступной энергии сжигание ископаемых видов топлива может продолжаться в темпе, достаточно невысоком, чтобы не подвергать опасности климат, и поддерживать этот темп надо в течение длительного времени. В течение этого времени, возможно, найдется какой-нибудь источник энергии – безопасный, вечный и обильный.

И первый вопрос тут: существует ли вид энергии с подобными характеристиками?

Ответ: да, существует.

## **Энергия обильная**

Прошло лишь пять лет после открытия в 1896 году французским физиком Антуаном Анри Беккерелем (1852—1908)

радиоактивного излучения, как Пьер Кюри измерил тепло, испущенное радием при расщеплении. Это было первым свидетельством того, что где-то внутри атома есть огромная энергия, о которой до тех пор никто не подозревал.

Почти сразу же люди стали размышлять о возможности освоить эту энергию. Почти сразу после открытия Кюри английский писатель-фантаст Г. Д. Уэллс даже писал о возможности существования, как он назвал, «атомной бомбы».

Однако стало очевидно, что для того, чтобы высвободить эту атомную энергию (или, говоря точнее, «ядерную энергию», потому что это энергия, которая удерживает атом как целое и не включает внешние электроны, являющиеся базой химических реакций), сначала нужно было внести энергию в атом. Атом нужно было бомбардировать энергетичными субатомными частицами, которые были бы положительно заряженными. Не многие из них ударили бы в ядро, и из тех, которые ударили, не многие смогли бы преодолеть отталкивание положительно заряженного ядра и достаточно зарядили бы его, достаточно потревожили его содержание, чтобы вызвать высвобождение энергии. В результате оказалось, что нужно затратить гораздо больше энергии, чем удастся извлечь. Казалось, овладеть ядерной энергией – несбыточная мечта.

Однако в 1932 году Джеймс Чедвик (1891—1974) открыл новую субатомную частицу. Из-за того, что она не имеет электрического заряда, он назвал ее «нейтроном». А из-за

того, что у нее нет электрического заряда, она может подойти к несущему электрический заряд ядру, не претерпевая отталкивания. Поэтому здесь уже не понадобилось много энергии для того, чтобы нейтрон вошел в атомное ядро.

Нейтрон быстро стал излюбленной субатомной «пулей», и в 1934 году итальянский физик Энрико Ферми (1901—1954) бомбардировал атомы нейтронами таким образом, чтобы превратить эти атомы в атомы элемента, следующего за ним по порядку. Уран был элементом с порядковым номером 92, он был самым последним в таблице. Никакого элемента под номером 93 еще не было, и Ферми бомбардировал уран также и в надежде получить новый неизвестный элемент.

Результат привел в замешательство. Другие физики стали повторять эксперимент, пытаясь сделать из него какие-то выводы, особенно много уделили этому внимания немецкий физик Отто Хан (1879—1968) и его австрийская коллега Лиз Майтнер (1878—1968). Именно Майтнер в конце 1938 года поняла, что атом урана, будучи ударен нейтроном, расщепляется на два («распад урана»).

В то время она была в изгнании в Швеции, потому что как еврейке ей пришлось оставить нацистскую Германию. Она изложила свои идеи датскому физiku Нильсу Бору (1885—1962), и тот в начале 1939 года привез их в Соединенные Штаты.

Американский физик венгерского происхождения Лео

Сциллард (1898—1964) понял значение этого факта. Атом урана, подвергаясь расщеплению, выделяет большое количество энергии, один-единственный атом – гораздо большее, чем то малое количество энергии медленно движущегося нейтрона, который его ударил. Более того, атом урана, когда он расщепляется, выделяет два или три нейтрона, каждый из которых мог бы ударить другой атом урана, и так далее.

Получающаяся в результате «цепная реакция» в считанные доли секунды могла бы произвести огромный взрыв, и все за счет одного первоначального нейтрона, который блуждал бы сам по себе, если бы никто не направил его сюда.

Сциллард убедил американских ученых сохранить исследование в тайне (потому что Германия готова была начать войну против цивилизованного мира), он также, поручив Альберту Эйнштейну подготовить записку по этому предмету, убедил президента Рузвельта поддержать эту работу. До окончания Второй мировой войны были созданы три бомбы на основе расщепления урана. Одна была испытана в Аламогордо, штат Нью-Мексико, 16 июля 1945 года. Две другие были сброшены на Японию.

Между тем ученые разработали и способ управлять расщеплением урана. Темп расщепления доводился до определенного безопасного уровня и мог продолжаться на этом уровне нескончаемо. При этом вырабатывалось достаточно тепла, чтобы заменить сжигание угля или нефти для выработки электричества.

В 50-е годы электростанции, работающие на расщеплении урана, были построены в Соединенных Штатах, Великобритании и Советском Союзе. С тех пор такие реакторы «расщепления ядра» распространились по многим странам и вносят значительный вклад в удовлетворение потребностей мира в энергии.

Подобные реакторы имеют ряд преимуществ. Во-первых – вес: по сравнению со своим весом уран производит гораздо больше энергии, чем уголь или нефть. Собственно, хотя уран и не очень распространенный металл, считают, что мировой запас его таков, что может произвести в десять или даже в сто раз больше энергии, чем все запасы ископаемого топлива.

Один из недостатков тут в том, что существуют два вида урана, и только один из них подвержен расщеплению ядра. Есть уран-235 и уран-238, и только уран-235 претерпевает расщепление при его бомбардировке медленными нейтронами. И случилось так, что уран-235 составляет только 0,7 процента от урана, находящегося в природе.

Однако возможно сконструировать реактор таким образом, что расщепляющийся сердечник окружается обычным ураном-238 или похожим металлом – торием-232. Нейтроны, утекающие из сердечника, ударяя в атомы урана или тория, хотя и не заставят их расщепляться, но изменяют в них атомы на другой тип, которые при соответствующих условиях станут расщепляться. Такой реактор создает «топливо» в виде расщепляющегося плутония-239 или урана-233, да-

же когда его первоначальное топливо уран-235 потребляется медленно. Собственно, он производит топлива больше, чем потребляет, и как следствие называется «реактором-размножителем».

До сих пор почти все использующиеся реакторы расщепления не являются реакторами-размножителями, но несколько реакторов-размножителей было построено еще в 1951 году и могут быть построены еще в любое время. При использовании реакторов-размножителей весь уран и торий в мире можно расщепить и заставить производить энергию. Таким образом, человечеству будет доступен источник энергии по крайней мере в 3000 раз больший, чем все запасы ископаемого топлива.

Используя обычные реакторы ядерного расщепления, человечество при существующем темпе потребления будет иметь запас энергии на века. При реакторах-размножителях запаса энергии хватит на сотни тысяч лет – огромное количество времени для того, чтобы выработать еще лучшую стратегию, прежде чем иссякнет этот запас. Более того, реакторы ядерного расщепления, будь это обычные реакторы или размножители, не вырабатывают двуокиси углерода или какого-либо другого химического загрязнителя воздуха.

При данных преимуществах какие могут быть недостатки? Прежде всего, уран и торий довольно сильно разбросаны по коре Земли, их трудно найти и сконцентрировать. Возможно, из всего существующего урана и тория может быть

использована только небольшая доля. Во-вторых, реакторы ядерного расщепления – крупные и дорогостоящие устройства, за которыми нелегко следить и которые трудно ремонтировать. В-третьих, самое важное, реакторы ядерного расщепления вводят новый и особенно смертоносный вид загрязнения – проникающую радиацию.

Когда атомы урана расщепляются, они производят целые серии более мелких атомов, гораздо более интенсивных по радиоактивности, чем сам уран. Эта радиоактивность снижается очень медленно, у некоторых видов только спустя тысячи лет. Эти радиоактивные отходы чрезвычайно опасны, поскольку их радиация может убить так же верно, как и ядерная бомба, только более коварно. Если человеческие нужды будут покрываться исключительно реакторами расщепления, величина присутствующей радиации будет равна миллионам взрывов бомб расщепления.

Радиоактивные отходы необходимо сохранять в каком-либо безопасном месте таким образом, чтобы они тысячами лет не попадали в окружающую среду. Они могут храниться в нержавеющей стальных контейнерах или могут быть перемешаны с расплавленным стеклом, которому потом дают застыть. Контейнеры или стекло могут храниться в подземных солевых шахтах, в Антарктиде, в осадочных породах океанского дна и так далее. Пока что ни один из предложенных способов их размещения, каждый с какими-либо частными преимуществами, не был признан достаточно без-



опасным, удовлетворяющим всех.

Далее, всегда возможно, что ядерный реактор может выйти из-под контроля. Реактор устроен таким образом, что невозможно, чтобы он взорвался, но используются значительные количества расщепляющегося материала, и если реакция расщепления, к несчастью, ускорится, и температура окажется выше точки плавления, сердечник расплавится, прорвется сквозь защитные оболочки, и смертоносная радиация может распространиться по большому району (Убедительным примером справедливости этих опасений является происшедшая в Советском Союзе в 1986 году Чернобыльская трагедия, когда 26 апреля как раз и произошло разрушение активной зоны установки и выброс в атмосферу радиоактивных веществ).

Реакторы-размножители считаются некоторыми особенно смертоносными, потому что топливо, которое они используют, часто металлический плутоний, который более радиоактивен, чем уран, и сохраняет свою радиоактивность сотни тысяч лет. Он считается некоторыми самым смертоносным веществом на Земле, и есть опасения, что если плутоний станет слишком распространен, может произойти его утечка в окружающую среду, и он буквально отравит всю Землю, сделав ее непригодной для жизни.

Существует также опасение, что плутоний может послужить для нового витка усиления терроризма. Если бы террористы овладели запасом плутония, они могли бы использо-

вать угрозу взрыва или отравления для шантажа мира. Это было бы намного более страшное оружие, чем то, которым они располагают сейчас.

Нет способа уверить людей, что подобные вещи никогда не случатся, и в результате возникает все больше возражений против строительства реакторов ядерного расщепления. Энергия ядерного расщепления распространяется намного медленнее, чем предполагалось в 50-е годы, когда этот процесс получил практическое применение, сопровождаемый блестящими предсказаниями века энергетического изобилия.

И все же расщепление не является единственным путем для развития ядерной энергетики. Во Вселенной в целом главный источник энергии – это водородный синтез. Именно водородный синтез дает силу звездам, указывал в 1938 году американский физик немецкого происхождения Ганс Альбрехт Бете (р. 1906).

После Второй мировой войны физики пытались осуществить водородный синтез в лаборатории. Для этого им надо было иметь экстремальные температуры в миллионы градусов, и им приходилось удерживать водород на месте, в то время, как он был доведен до такой огромной температуры. Солнце и другие звезды удерживают водород на месте благодаря сильным гравитационным полям, но на Земле повторить этого было нельзя.

Одним из выходов представлялось – поднять температу-

ру водорода так быстро, чтобы он не успел расшириться и улететь до того, как станет достаточно горячим для синтеза. Такой фокус могла бы сделать бомба ядерного расщепления, и в 1952 году такая бомба была взорвана в Соединенных Штатах, и с помощью расщепляющегося урана был произведен водородный синтез. Немедленно вслед за этим подобный взрыв произвел и Советский Союз.

Такая бомба «ядерного синтеза» или «водородная бомба» была намного более мощной, чем бомба расщепления, и она никогда не использовалась в войне. Из-за того, что водородная бомба требует высокой температуры для ее действия, ее также называли «термоядерной бомбой». Именно «термоядерную войну», то есть войну с применением таких бомб, я рассматривал как причину возможной катастрофы четвертого класса.

А нельзя ли управлять термоядерным синтезом и производить энергию так же, как при расщеплении урана? Английский физик Джон Дэвид Лаусон (р. 1923) в 1957 году выработал необходимые для этого условия. Водород должен быть определенной плотности, достигнуть определенной температуры и удерживать эту температуру, не улетучиваясь в течение определенного времени. Любое снижение одного из этих параметров требует усиления одного или обоих других. С тех пор ученые в Соединенных Штатах, Великобритании и Советском Союзе пытаются добиться выполнения этих условий.

Существует три типа атомов водорода: водород-1, водород-2 и водород-3. Водород-2 называется «дейтерий», а водород-3 называется «тритий». Водород-2 синтезируется при более низкой температуре, чем водород-1, а водород-3 синтезируется при еще более низкой температуре (хотя даже самая низкая температура для синтеза в земных условиях – все же десятки миллионов градусов).

Водород-3 – это радиоактивный атом, которого почти нет в природе. Его можно произвести в лаборатории, но его можно использовать только в небольшом количестве. Водород-2 поэтому является основным топливом для синтеза, для снижения температуры синтеза добавляется немного водорода-3.

Водород-2 менее распространен, чем водород-1. Из каждых 100 000 атомов водорода только 15 являются водородом-2. Но даже при этом в одном галлоне морской воды водорода-2 присутствует столько, что они заключают в себе энергию, которую можно получить от сжигания 350 галлонов бензина. А океан (в котором два атома из каждых трех – водород) настолько обширен, что содержит столько водорода-2, что его хватит, чтобы производить энергию при существующем темпе использования на миллиарды лет.

Существует ряд параметров, по которым термоядерный синтез, как представляется, предпочтительнее ядерного расщепления. Во-первых, вес: благодаря синтезу из вещества может быть извлечено в десять раз больше энергии, чем

из такого же количества вещества, подвергнутого расщеплению, и водород-2 – топливо синтеза – гораздо легче добыть, чем уран или торий, и с ним гораздо легче обращаться. Когда водород-2 подготовлен для синтеза, только микроскопическое его количество будет использоваться в какой-то один момент, так что даже если синтез выйдет из-под контроля и весь синтезируемый материал вступит в реакцию сразу, то результатом будет лишь небольшой взрыв, недостаточный даже для того, чтобы его заметить. Кроме того, водородный синтез не производит радиоактивных отходов. Его основной продукт – гелий, наименее опасное из известных веществ. В ходе синтеза производятся водород-3 и нейтроны – они опасны. Однако они производятся в незначительных количествах и могут быть переработаны и использованы в ходе дальнейшего синтеза.

Словом, термоядерный синтез представляется во всех отношениях идеальным источником энергии, все дело лишь в том, что пока у нас его нет. Несмотря на годы попыток ученых, пока нет достаточного количества водорода, при достаточно высокой температуре, на протяжении достаточно длительного времени, чтобы произвести управляемый синтез.

Ученые подходят к проблеме с нескольких направлений. Сильные, точно установленные магнитные поля удерживают заряженные частицы на месте, в то время как температура медленно повышается. Или же температура повышается очень быстро, но не с помощью бомб расщепления, а при по-

мощи лазерного луча или пучка электронных лучей. Представляется вероятным, что в течение 80-х годов один из этих методов сработает или, возможно, все три, и этот управляемый синтез станет фактом. Тогда потребуются, может быть, несколько десятилетий для того, чтобы построить большие силовые установки синтеза, которые существенным образом удовлетворят потребности человека в энергии.

Однако оставим водородный синтез, есть еще один источник энергии, который безопасен и вечен, и это – солнечная радиация. Два процента энергии солнечного света поддерживают фотосинтез всей растительной жизни на Земле, и благодаря этому – жизнь животных. Остальная энергия солнечного света по крайней мере в десять тысяч раз больше потребности человечества в энергии. Эта основная часть солнечной энергии далеко не бесполезна. Она испаряет океан и поэтому производит дождь, стекающую воду и в целом запас пресной воды на Земле. Она поддерживает океанские течения и создает ветры. Она нагревает в целом Землю и делает ее обитаемой.

Тем не менее нет причин, почему бы вначале людям не использовать солнечную энергию. Когда мы используем чистый результат того, что солнечная радиация превращается в тепло, ничего не теряется. Это все равно, как вступить под водопад: вода все равно будет падать до уровня земли и двигаться вниз по течению, а мы лишь временно приостанавливаем ее для того, чтобы помыться и освежиться.

Конечно, основной недостаток солнечной энергии в том, что хотя она обильна, она в то же время ослаблена. Она очень тонко распределяется по большой площади, и собрать ее и использовать нелегко.

В небольших масштабах солнечная энергия использовалась давно. Южные окна зимой впускают солнечный свет и относительно непрозрачны для обратной радиации инфракрасного света, так что дом обогревается благодаря парниковому эффекту, и ему требуется меньше топлива.

Многое можно сделать подобным образом. Канистры с водой на южных склонах крыш (на северных склонах в южном полушарии) могут поглощать солнечное тепло и вечно снабжать дом теплой водой. Это также можно использовать для обогрева дома в целом или для кондиционирования воздуха летом. Или солнечная радиация может быть прямо преобразована в электричество, нужно только выставить на солнечный свет солнечные батареи.

Конечно, солнечный свет доступен не все время. Его нет ночью, и даже в течение дня облака могут ослабить его до бесполезного уровня. Бывают также моменты, когда в разное время дня дом может быть затенен другими домами или природными объектами, такими, как холмы и деревья. Нет также достаточно хороших способов аккумуляции солнечной энергии в течение периодов яркости для ее использования в темное время.

Если предпочтительнее солнечную энергию направить на

службу миру, а не на обслуживание отдельных домов, тогда необходимо покрыть десятки тысяч квадратных миль пустынь солнечными батареями. Но установить их и следить за ними – дорогое удовольствие.

Однако есть возможность собирать солнечную энергию не с поверхности Земли, а в близлежащем космосе. Обширный банк солнечных батарей, помещенных на орбиту в экваториальной плоскости примерно в 33 000 километрах (По уточненным данным, порядка 36 000 километров) от поверхности Земли, будет обращаться вокруг Земли за двадцать четыре часа – это «синхронная орбита», и космическая станция будет казаться с Земли неподвижной.

Такой банк солнечных батарей будет получать полный спектр солнечной радиации без каких-либо помех атмосферы. Он будет в тени только 2 процента времени в течение года, снижая таким образом необходимость хранить энергию. По некоторым оценкам, определенная площадь солнечных батарей будет производить электричества в шестьдесят раз больше, чем такая же площадь батарей на поверхности Земли.

Электричество, полученное на космической станции, можно было бы преобразовывать в микроволновую радиацию, направленную лучом вниз на принимающую станцию на Земле, и там преобразовывать в электричество. Сотня таких станций, рассеянная по экваториальной плоскости, представляла бы источник энергии, который мог бы суще-



ствовать, сколько существует Солнце.

Если заглянуть в будущее, предположив, что люди будут сотрудничать, чтобы выжить, то не исключено, что к 2020 году будут работать не только силовые станции на синтезе ядер, но и первые силовые солнечные станции. Мы, конечно, можем к 2020 году продолжать пользоваться ископаемыми видами топлива и другими источниками энергии. При наличии мира и доброй воли энергетический кризис, который приводит нас сейчас в отчаяние, может в конечном счете во все и не быть таковым. Более того, использование космоса для размещения станций солнечной энергии приведет к еще большим достижениям. В космосе будут построены лаборатории и обсерватории вместе с космическими поселениями для людей, которые будут заниматься строительством (Уже почти 15 лет на орбите Земли действует российская космическая станция «Мир». В конце XX века США, Россией и еще целым рядом стран начато строительство международной космической станции «Атлантис». Вывод ее частей на орбиту начался в 1999 году). Возникнут шахты на Луне, чтобы обеспечивать материальные ресурсы для космических сооружений (хотя углерод, азот и водород нужно будет некоторое время доставлять с Земли)(В феврале 1998 года НАСА сообщило, что американский зонд обнаружил на Луне в районах полюсов под поверхностью большие запасы воды в виде льда. Это позволяет надеяться на близкую возможность создания поселения на Луне и начало подлинно космической

эры. Ведь предполагалось, что доставка на Луну воды для поселенцев потребует огромных затрат).

В конце концов большая часть заводов Земли будет переведена в космос. На астероидах тоже появятся шахты, и человечество начнет расселяться по Солнечной системе, а через некоторое время, возможно, двинется и к звездам. При таком сценарии мы могли бы предположить, что все проблемы будут решены, за исключением того, что сама победа повлечет за собой проблемы. Именно к катастрофам, к которым может привести победа, я и обращаюсь в следующей главе.

# 15. Опасности победы

## Население

Если представить себе мировое общество с избытком энергии, со способностью в избытке воспроизводить ресурсы и совершенствовать технику, нетрудно понять, что общество будет пожирать плоды своей победы над окружающей средой. Наиболее очевидной наградой будет точно такая же, что и в результате подобных побед в прошлом, – увеличение численности населения.

Человеческие особи, как и все живые особи, какие существуют и существовали на Земле, обладают способностью быстро увеличиваться в численности. Женщина, скажем, вполне может в течение времени, когда она способна выносить ребенка, иметь шестнадцать детей. (Зарегистрированы случаи рождения более тридцати детей от одной матери.) Это означает, что если начать с двух человек, мужа и жены, спустя тридцать лет у нас окажется в общей сложности восемнадцать человек. Старшие дети могли бы к этому времени пережениться между собой (если представить себе общество, которое допускает кровосмешение) и произвести на свет еще около десяти детей. От двух до двадцати восьми – следовательно, четырнадцатикратное увеличение за тридцать лет.

цать лет. При таком темпе исходная пара человеческих существ за два века превратилась бы в 100 миллионов человек.

Однако население не увеличивается подобными темпами и никогда так не увеличивалось по двум причинам. Прежде всего, шестнадцать детей бывает далеко не у всех, в среднем их по разным причинам значительно меньше. Иначе говоря, рождаемость в целом ниже своего потенциального максимума.

Во-вторых, я исходил из того, что все родившиеся дети остаются в живых, а это, конечно, не так. Все люди в конечном счете умирают, зачастую даже до того, как они произвели на свет столько малышей, часто до того, как они вообще кого-нибудь произвели на свет.

Короче говоря, наряду с рождаемостью существует смертность, и для большинства особей почти во все времена величины их примерно равны.

В конце концов, если смертность и рождаемость останутся равными, то население, о котором идет речь, стабилизируется, а если смертность станет выше рождаемости, даже совсем незначительно, то эти особи выродятся количественно и со временем вымрут.

Смертность любого вида имеет тенденцию возрастать, если окружающая среда для него по какой-либо причине оказывается неблагоприятной, и снижаться, если она, напротив, благоприятна. Численность любых особей имеет тенденцию повышаться в хорошие годы и понижаться в плохие.

Из всех обитателей Земли только люди обладают интеллектом и возможностью радикально изменять окружающую среду в соответствии со своими запросами. Например, используя огонь, они создали искусственный климат, путем продуманного выращивания растений и разведения животных увеличили пищевые ресурсы, изобретя оружие, уменьшили опасность от хищников, а благодаря развитию медицины снизили опасность от паразитов. В результате человечество оказалось способно поддерживать рождаемость, которая в общем стала выше смертности даже с первого появления на Земле *Homo sapiens*.

К 6000 году до нашей эры, когда земледелие и скотоводство были еще на ранней стадии развития, общая численность населения Земли достигла 10 миллионов. Во времена строительства Великой Пирамиды – около 40 миллионов; во времена Гомера-100 миллионов; во времена Колумба – 500 миллионов; во времена Наполеона – 1 миллиард; во времена Леннона – 2 миллиарда. В 70-е годы численность населения достигла 4 миллиардов (К настоящему времени – более 6 миллиардов).

Поскольку техника имеет кумулятивную тенденцию, скорость, с которой человечество увеличивает свое превосходство над окружающим миром и конкурирующими формами жизни, скорость упрочения физической безопасности неуклонно растет. Это означает, что нарушение паритета между рождаемостью и смертностью населения изменяется

в пользу первой. А это, в свою очередь, означает, что население не просто увеличивается, а делает это неуклонно возрастающими темпами.

За тысячелетия до начала ведения сельского хозяйства, когда люди жили охотой и собирательством, продовольственные ресурсы были скудны и ненадежны, и человечество могло увеличивать свою численность только за счет более широкого расселения по Земле. Темпы увеличения численности тогда составляли не более 0,02% в год, и должно было пройти 35 000 лет для того, чтобы численность населения удвоилась.

С развитием земледелия и скотоводства, а также с появлением гарантии более стабильных и более богатых пищевых ресурсов, и в связи с развитием технологии темпы роста населения стали расти, достигнув 0,3% в год в XVIII веке (период удвоения – 230 лет) и 0,5% в год в XIX веке (период удвоения 140 лет).

Наступление промышленной революции, механизация сельского хозяйства и быстрое развитие медицины еще сильнее увеличили рост населения – до 1% в год к XX веку (период удвоения – 70 лет) и до 2% в год в 70-е годы (период удвоения 35 лет).

Рост населения, а также увеличение темпов роста населения повышают и темп прибавления новых ртов у человечества. Так, в 80-е годы XIX века, когда общее число жителей Земли составляло 1 миллиард, а темп увеличения составлял

0,5% в год, приходилось кормить каждый год 5 миллионов новых ртов. В 70-е годы XX века при населении 4 миллиарда и темпе роста населения 2% в год приходится кормить каждый год 80 миллионов новых ртов. Население за 170 лет увеличилось вчетверо, а ежегодное прибавление – в 16 раз.

Несмотря на то, что все это является свидетельством победы человечества над природой, это также страшная угроза. Уменьшение населения может сколько угодно продолжаться, пока не достигнет окончательного значения – нуля. Рост населения ни при каких обстоятельствах не может увеличиваться бесконечно. В конечном счете растущее население опередит свои продовольственные возможности, нарушит требования окружающей среды, переполнит свое жизненное пространство, и тогда, что очень вероятно, ситуация с катастрофической скоростью поменяется на обратную, произойдет резкое сокращение населения.

Подобное резкое уменьшение численности особей наблюдалось и у других видов, которые сильно размножились в течение ряда лет, когда климат и другие обстоятельства окружающей среды по воле случая благоприятствовали росту их количества, но потом вдруг сразу все погибли, когда неизбежный плохой год сокращал их пищевые ресурсы.

С проблемой такой гибели может столкнуться и человечество. Сама победа, которая увеличивает наше население, приведет нас на высоту, где у нас уже не останется выбора, как только падать, и чем больше высота, тем опаснее паде-

ние.

Можем ли мы рассчитывать, что технические достижения оградят нас от этого зла в будущем, как это происходило в прошлом? Нет, так как легко доказать с абсолютной определенностью, что существующий темп роста населения, если он продолжится, легко обгонит не только вероятные технические достижения, но и любые возможные достижения техники.

Давайте исходить из того факта, что население Земли в 1970 году 4 миллиарда (на самом деле несколько больше) и что темп роста населения есть и будет оставаться 2% в год. Можно возразить, что население в 4 миллиарда уже теперь слишком велико для Земли, не говоря уже о каком-либо увеличении. Около 500 миллионов человек, восьмая часть населения (в основном в Азии и Африке), хронически и серьезно недоедают, и сотни тысяч каждый год умирают от голода. Кроме того, необходимость каждый год производить все больше и больше продуктов, чтобы накормить больше ртов, вынуждает человечество пускать под культивацию малоплодородные земли, использовать удобрения, пестициды и ирригацию не благоразумно, а слишком интенсивно и таким образом еще сильнее нарушать экологический баланс Земли. Вследствие этого почва подвергается эрозии, пустыни наступают, а производство продуктов (которое возрастает с населением и даже несколько быстрее его в эти последние отчаянные десятилетия демографического взрыва) растет ку-



да медленнее и вскоре может начать падать. В этом случае голод станет распространяться с каждым годом все шире и шире.

С другой стороны, можно возразить, что недостаток продуктов создан человеком. Он – результат излишеств, неэффективности, обмана и несправедливости. Нужны более гуманные правительства, более разумное землепользование, более бережливый образ жизни, более справедливое распределение продуктов. При правильном использовании возможностей Земли она могла бы обеспечивать гораздо большее население, чем сегодняшнее. Самое большое количество, которое называлось, – 50 миллиардов, или в 12,5 раз больше настоящего населения (Напоминаем, что книга писалась в 70-х годах).

Тем не менее при нынешнем ежегодном приросте 2% население будет удваиваться каждые 35 лет. В 2014 году оно достигнет 8 миллиардов, в 2049-16 миллиардов и так далее. Это значит, что при таком росте население Земли достигнет 50 миллиардов приблизительно к 2100 году, всего лишь через 120 лет. А что потом? Если, достигнув этой величины, мы исчерпаем продовольственные ресурсы, неожиданное резкое сокращение населения будет катастрофичным (В 1999 году население Земли достигло 6 миллиардов человек. По прогнозам ООН, к 2050 году оно будет от 7,7 миллиарда до 10,6 миллиардов. Спад прежних «взрывных» темпов вызван снижением рождаемости.

Промежуточные средние показатели на 2050, 2100 и 2150 год составляют соответственно 9,4 млрд, 10,4 млрд и 10,8 млрд. При этом исходили из того, что темпы рождаемости будут средними, то есть каждая женщина будет в среднем иметь двоих детей. Если же темпы рождаемости останутся на уровне 1990—1995 годов, то уже к 2150 году население Земли достигнет поистине астрономического уровня в 296 млрд.

В Европе в 1998 году на каждую женщину приходилось в среднем 1,6 ребенка. Понизился показатель рождаемости в Азии, в Китае он составляет 1,8, в Индии – 3,2. Ряды многодетных матерей не редуют только в Африке. В Нигерии, Конго, Уганде и Сомали на каждую женщину приходится более 6 детей.

Следует заметить, что по данным Всемирной организации здравоохранения средняя продолжительность жизни землян по расчетам вырастет с 66 до 73 лет. Число преждевременных смертей до 50 лет сократится вдвое. В 26 странах средняя продолжительность жизни достигнет 80 лет. Самой высокой она будет в Исландии, Италии, Японии и Швеции – 82 года. В Китае она составит 75 лет, в России – 72, в Индии – 71).

Конечно, через 120 лет технология даст новые источники питания – например, путем уничтожения всех видов животной жизни и выращивания растений, на 100% пригодных в пищу. Тогда можно будет жить этими растениями, ни с кем

не конкурируя. При таком условии Земля могла бы выдержать и 1,2 триллиона человек, или в 300 раз больше нынешнего населения. Однако при существующем росте население достигнет этой величины всего лишь через 300 лет. А что потом?

Практически нет смысла спорить о том, что какую-то определенную численность людей можно поддерживать благодаря тем или иным достижениям. Геометрическая прогрессия (которую представляет собой рост населения) может превзойти любую численность. Давайте как следует с этим разберемся.

Предположим, что средний вес человека (включая женщин и детей) составляет 45 килограмм. В таком случае общая масса ныне живущего населения составит 180 миллиардов килограмм. Этот вес, вместе с удвоением населения, удваивался бы каждые 35 лет. При таком приросте, если довести дело до крайности, через 1800 лет общая масса человечества равнялась бы общей массе Земли. (1800 лет – это не такой длительный период времени. Всего 1800 лет прошло со времен римского императора Марка Аврелия).

Вряд ли кто посмеет предположить, что человечество на Земле может умножать свою численность до тех пор, пока шар планеты не станет сплошной человеческой плотью. Практически это значит, что что бы мы ни делали, мы не можем сохранять нынешний прирост населения на Земле в течение более 1800 лет.

Но зачем ограничивать себя Землей? Задолго до того, как минует 1800 лет, человечество достигнет других миров и построит искусственные космические поселения. Там оно и может расселиться. Можно даже утверждать, что за счет освоения Вселенной общая масса человечества может, конечно, превысить массу Земли. Однако невозможно преодолеть силу геометрической прогрессии.

Масса Солнца в 338 000 раз превышает массу Земли, а масса Галактики в 150 миллиардов раз больше массы Солнца. Во Вселенной насчитывается до 100 миллиардов галактик. Если предположить, что средняя галактика по массе такая же, как наша (почти наверняка переоценка, но это не имеет значения), тогда общая масса Вселенной в 5 000 000 000 000 000 000 000 000 раз больше массы Земли. И все же, если существующее человечество будет ежегодно увеличиваться на 2% в год, общая масса человеческой плоти достигнет массы Вселенной спустя немногим более 5000 лет. Это приблизительно такой период, который прошел со времени изобретения письменности.

Иными словами, в течение первых 5000 лет письменной истории мы достигли стадии, на которой заплотнили поверхность одной маленькой планеты. В течение следующих 5000 лет, при нынешнем темпе роста, мы выйдем за пределы не только планеты, но и Вселенной. Отсюда следует: чтобы не исчерпать продовольственные ресурсы и жизненное пространство, в случае, даже если мы представим себе, что раз-

витие техники достигнет наивысших воображаемых пределов, мы должны остановить нынешний рост населения ранее, чем через 5000 лет. И, если быть в этом отношении до конца реалистами, у нас есть только одна возможность избежать катастрофы пятого класса – немедленно снизить темп увеличения населения.

Но как? Это, несомненно, проблема, поскольку за всю историю жизни ни один вид не пытался добровольно регулировать свою численность (Опыты с крысами показали, что крайнее перенаселение индуцирует такое психотическое общество, что потомство не производится, а если производится, то о нем не заботятся. Это, однако, не добровольное регулирование, а для людей дожидаться перенаселения означает такую крайность, которая может свести с ума общество и привести к катастрофе). Даже род человеческий не пытался этого делать. Потомство до сих пор производится по доброй воле, и численность населения увеличивается до пределов возможного.

Для регулирования численности населения в настоящее время нужно каким-то образом изменить соотношение рождаемости и смертности, и растущее преобладание первой над последней должно быть ослаблено. Для достижения стабильного количества населения или даже временно уменьшающегося населения перед нами две альтернативы: либо смертность должна быть увеличена, пока она не сравняется с рождаемостью или превысит ее, либо рождаемость должна быть

снижена, пока она не сравняется со смертностью или не станет ниже ее (Возможно и сочетание увеличения смертности и уменьшения рождаемости).

Повышение смертности – довольно простой выход. У растений и животных неожиданное драматическое повышение смертности стало обычной реакцией на увеличение численности, которое привело тот или иной вид к уровню недокармливаемого. Смертность увеличивалась главным образом за счет голода. Слабость, связанная с голоданием, способствовала гибели особей от болезней и нападений хищников.

В отношении человеческих существ в прошлом можно сказать то же самое, а если заглянуть в будущее, мы можем полагать, что численность населения будет регулироваться (если все другие попытки потерпят неудачу) голодом, болезнями и насилием, за которыми следует смерть. То, что эта мысль не нова, можно подтвердить тем фактом, что четыре всадника Апокалипсиса, описанные как мучители человечества в его последние дни, – это и есть голод, болезни, насилие и смерть.

Очевидно, однако, что решить проблему численности населения путем увеличения смертности значит просто подвергнуть человечество катастрофе пятого класса, которая уничтожит и цивилизацию. Если же в перепалке за последние крохи пищи и ресурсов на пределе отчаяния разразится термоядерная война, то гибель человечества может последо-

вать от катастрофы четвертого класса.

Впрочем, мы неправы, считая снижение рождаемости единственным путем избежать катастрофы. Но как еще?

Регулирование рождаемости постфактум путем детоубийства или даже путем аборта отвратительно многим людям. Даже если не возникает вопрос о «святости жизни» (принцип, который в истории человечества был не более чем пустыми словами), мы могли бы спросить: почему женщина должна испытать дискомфорт беременности только для того, чтобы результат был уничтожен, или почему ей надо испытывать неприятности аборта? Почему бы предварительно не воспрепятствовать зачатию?

Есть общедоступный способ избежать зачатия – это отказ от половых отношений, но есть основания считать, что это никогда не будет популярным методом регулирования населения. Вместо этого надо отделить секс от зачатия, делая возможным первое без второго, за исключением случаев, когда дети действительно желаемы и где они необходимы для поддержания удовлетворительного уровня народонаселения.

Для контрацепции – предупреждения беременности – существует ряд методов: хирургические, механические и химические. Все они хорошо известны, и их нужно лишь разумно применять. Проще говоря, имеются формы сексуальных отношений, которые полностью удовлетворяют партнеров и вместе с тем не наносят ощутимого вреда ни их участ-

никам, ни кому-либо еще, и которые гарантируют отсутствие возможности зачатия.

Таким образом, практической трудности в снижении рождаемости нет, есть только социальные и психологические трудности. Общество настолько долго вырабатывало привычку к избытку детей (благодаря высокой смертности среди них), что во многих странах экономика и почти повсюду индивидуальная психология зависят от этой привычки. Контрацепция подвергается резким нападкам многих традиционалистских групп как аморальное явление, а обилие детей в семье есть нечто, что все еще традиционно рассматривается как благословение.

Что же получается? При возможности спасения человечество, просто из привычки к устаревшему образу мысли, будет скатываться к катастрофе? Вполне вероятно, что именно так и будет. Однако все больше и больше людей (таких, как я, например) говорят и пишут об опасности перенаселения и об ощутимом разрушении окружающей среды, вызванном увеличивающимся бременем человечества и благодаря растущим требованиям все большего числа людей: больше пищи, больше энергии, больше жизненного комфорта. Руководители многих правительств уже начинают признавать, что никакая проблема не может быть решена, пока не решена проблема народонаселения, и что любое дело – пропашее, пока народонаселение продолжает расти. В результате этого так или иначе усиливается тенденция к снижению рож-



даемости. Это чрезвычайно обнадеживающий признак, поскольку общественное мнение может сделать для снижения рождаемости больше, чем что-либо еще.

В конце 70-х годов рождаемость в мире явно снижалась, темп прироста упал с 2% до 1,8%. Этого, конечно, недостаточно, поскольку в настоящий момент любое увеличение темпа, если оно продолжится, приведет к катастрофе. Однако это снижение – обнадеживающий признак.

Может быть, несмотря на продолжающийся рост населения, увеличиваться оно будет снижающимися темпами, достигнет максимума, вероятно, не более 8 миллиардов, а затем начнет снижаться. Этот процесс будет болезненным, но, возможно, цивилизация устоит, и человечество, изрядно потрепанное, выживет, «подремонтирует» Землю, восстановит ее экологический баланс и заново создаст более разумную и более практичную культуру, основанную на стабильном народонаселении, удерживаемом на терпимом уровне.

## **Образование**

Мы можем представить себе время, скажем, лет через сто, когда проблема населения будет решена, когда энергия станет дешевой и обильной, когда человечество будет благополучно перерабатывать свои ресурсы и поддерживать мир и спокойствие. Ну, уж тогда-то, наверное, все проблемы будут решены и нам не будут угрожать никакие катастрофы.

Совсем не обязательно. Каждое достижение вместе с победой приносит свои проблемы. Мир, в котором население регулируется, это такой мир, где рождаемость настолько же низка, как и смертность, и поскольку благодаря современной медицине смертность сейчас намного ниже, чем когда-либо в прошлом, надо, чтобы то же самое было и с рождаемостью. Это означает, что в процентном отношении будет меньше детей и меньше молодых людей, чем когда-либо, и больше зрелых и престарелых людей. Конечно, если вообразить, что медицина будет продвигаться, то средняя продолжительность жизни будет увеличиваться. Это значит, что смертность будет падать, а рождаемости придется сокращаться вместе с ней.

Тогда вид общества, которое мы должны предвидеть, если достигнем стабильного населения, – это общество с повышающимся средним возрастом. Мы засвидетельствуем, так сказать, «покрытие Земли сединами». Мы можем и сейчас увидеть, как это происходит в тех частях мира, где рождаемость упала, а продолжительность жизни увеличилась, например, в Соединенных Штатах»

В 1900 году, когда средняя продолжительность жизни в Соединенных Штатах составляла только 40 лет, было 3,1 миллиона человек в возрасте свыше 65 лет при общей численности 77 миллионов, или только 4 процента. В 1940 году было 9 миллионов человек старше 65 лет при общей численности населения 134 миллиона, или 6,7 процента. В 1970

году было 20,2 миллиона человек старше 65 лет при общей численности населения 208 миллионов, или почти 10 процентов. К 2000 году может быть до 29 миллионов старше 65 лет из примерно 240 миллионов, или 12 процентов. Через сто лет, в то время как общая численность населения возрастет немного больше, чем в три раза, количество людей в возрасте свыше 65 лет увеличится почти в десять раз.

Эффект американской политики и экономики ясен. Пожилые – увеличивающаяся часть электората, а государственным политическим и финансовым структурам надо больше заботиться о пенсиях, социальной безопасности, медицинском страховании и так далее.

Конечно, все хотят долго жить, и все хотят, чтобы о них заботились в старости, хотя с точки зрения цивилизации в целом в этом есть и свои проблемы. Если в результате стабилизации населения мы создадим стареющее человечество, не приведет ли это к тому, что дух, авантюризм и воображение молодости вырождаются и умрут под скучным консерватизмом и сытостью старости? Не получится ли так, что бремя новаторства и отваги окажется на плечах столь немногих, что мертвый груз старости подавит цивилизацию? Не случится ли так, что цивилизация, спасшаяся от гибели в демографическом взрыве, окажется на пороге смерти от хныканья стареющего населения?

Но обязательно ли возраст связан со скукой? Наше общество принимает это как само собой разумеющееся, потому

что наше общество – первое общество, в котором старые люди стали многочисленными. В полуграмотных, не ведущих никаких записей обществах старые люди были хранителями традиций, живыми справочниками, библиотеками и оракулами. Однако в наши дни воспоминания стариков не нужны, у нас есть намного лучшие средства хранить информацию. В результате пожилые теряют свою функцию и уже не могут рассчитывать на былое уважение.

Опять же в обществах, в которых технология менялась медленно, предпочтительнее был именно старый мастеровой, богатый опытом, знаниями, с наметанным глазом, искушенным суждением, добротной работой. Сейчас технология быстро меняется, и нам нужен выпускник колледжа с пушком на щеках, мы ждем, что он принесет нам самые последние технологии. Чтобы предоставить ему мести, мы насильно увольняем стариков, и опять же старость теряет свою функцию. А когда число неработающих пожилых людей увеличивается, они кажутся мертвым грузом.

Люди сегодня живут в среднем в два раза дольше, чем жили наши предки полтора века назад. И при этом изменилась не только продолжительность жизни. Люди сегодня в среднем здоровее и крепче, чем были их предки в том же самом возрасте.

Дело не просто в том, что люди умирали молодыми до появления современной медицины. Многие из них и на вид в тридцать лет выглядели старыми. Жить долго или долъ-

ше означало пережить неоднократные встречи с инфекционными болезнями, которые теперь можно либо предотвратить, либо легко вылечить. Это означало жить на диете дефицита как в количественном, так и в качественном отношении. Не существовало способов бороться с болезнями зубов или хроническими инфекциями, никаких способов воздействия на гормональные нарушения, никаких возможностей восполнения дефицита витаминов, никаких способов справиться с дюжиной других видов нетрудоспособности. В довершение всего многие люди были измождены изнурительным, нескончаемым, тяжелым трудом, который сегодня за нас делают машины (Многие люди сегодня мечтают о прошлом, когда человек «жил в тесном общении с природой» и был здоров и полон энергии, в отличие от подверженных загрязнению окружающей среды людей из городской толпы. Такие мечтатели были бы неприятно удивлены, если бы на самом деле оказались в реальном прошлом – одолеваемые болезнями, изголодавшиеся и грязные, даже на самом высоком уровне).

Словом, в результате сегодняшние пожилые люди бодрые и молоды по сравнению с людьми такого же возраста средневековой эпохи рыцарства или даже пионерских времен Соединенных Штатов.

Мы можем предполагать, что эта тенденция в отношении большей бодрости в будущем пожилых людей сохранится, если цивилизация выживет и медицинские технологии будут

успешно развиваться. И вообще сами понятия «молодые» и «пожилые» станут довольно расплывчатыми при населении, которое станет стабильным. Но если даже физическая разница между молодостью и старостью уменьшится, то как же будет обстоять дело в отношении различий интеллектуальных? Нельзя ли что-нибудь сделать с косностью пожилого возраста, с его неспособностью творчески реагировать на требования жизни?

Но сколько в этой застойности возраста создается традициями общества, ориентированного на молодежь? Несмотря на постепенное расширение периода обучения, образование продолжает оставаться связанным с молодостью и продолжает иметь определенную дату окончания. Сохраняется сильное ощущение, что наступит момент, и образование будет закончено, и оно займет уж не такое длительное время в жизни человека.

В каком-то смысле это создает некий налет позора образованию. Большинство молодых людей, кто не любит дисциплину принудительного обучения и дискомфорт некомпетентного преподавания, не могут не заметить, что взрослым не надо ходить в школу. Непокорному подростку, несомненно, должно казаться, что одно из вознаграждений взрослого образа жизни – это сбросить школьные оковы. Для них вырасти из детского возраста – это достичь состояния, когда больше ничему не надо учиться.

Характер сегодняшнего образования делает неизбежным,

что его считают наказанием для молодости, и оно определяет награду за неудачу. Подросток, который преждевременно выпадает из школы, выглядит в глазах себе равных вступившим во взрослую жизнь. С другой стороны, взрослый, который пытается научиться чему-то новому, часто у многих вызывает легкое изумление и представляется им впадающим в детство.

Связывая образование только с молодостью и создавая социально трудную обстановку для человека среднего возраста, желающего учиться, после того как дни формального хождения в школу закончились, мы замечаем, что большинство людей остается лишь с той информацией и теми представлениями, которые они приобрели в подростковом возрасте и едва сохраняют в памяти. И мы еще потом жалуемся на скуку преклонного возраста.

Этот недостаток в отношении образования отдельного человека может быть усугублен еще одним недостатком в отношении общества в целом. Может выйти так, что все общество будет вынуждено прекратить учиться. И может ли, скажем, случиться так, что прогрессу человеческих знаний придется остановиться просто из-за своего собственного величайшего успеха? Мы узнали настолько много, что среди огромной массы информации становится трудно найти необходимые нам темы, которые являются решающими для дальнейшего продвижения. И если человечество станет спотыкаться на пути научного и технического прогресса, разве мы

сможем поддерживать нашу цивилизацию? Не является ли это еще одной опасностью победы?

Мы можем суммировать опасность и сказать, что общей сумме человеческих знаний не хватает указателя, что нет эффективного метода поиска информации. Как это исправить, как не призвать больше, чем человеческую память, для того, чтобы служить указателем, и быстрее, чем человеческая система поиска, использовать указатель?

Короче, нам нужен компьютер, и почти на протяжении сорока лет мы сломя голову разрабатывали все более быстродействующий и все более универсальный компьютер. Эта тенденция должна сохраниться, если цивилизация останется невредимой, ведь в таком случае компьютеризация знаний неизбежна. Больше информации будет фиксироваться на микропленках (Или, скорее, как это делается теперь, на дискетах), больше ее будет доступно компьютеру.

Будет иметь место тенденция централизации информации, так что запрос по определенной теме сможет использовать ресурс всех библиотек региона, государства или, в конечном счете, всего мира. Наконец, появится эквивалент «всемирной компьютеризированной библиотеки», в которой будут храниться все существующие человеческие знания и из которой любая информация может быть получена по требованию (Эквивалентом такой «всемирной библиотеки» теперь является международная сеть «Интернет», доступ в которую с персонального компьютера возможен из любой точ-



ки земного шара).

Способ доступа к такой библиотеке уже не секрет, технология близка к разрешению. У нас уже есть спутники связи, что дает возможность соединить любые две точки на земном шаре в считанные доли секунды.

Однако в современных спутниках связи применяются радиоволны, и поэтому число каналов связи сильно ограничено. В будущих поколениях спутников для связи будут использованы лазеры, которые действуют на основе видимого света и ультрафиолетовой радиации. (Первый лазер был сконструирован совсем недавно, в 1960 году, американским физиком Теодором Гарольдом Майманом (р. 1927).) Длина волн видимого света и ультрафиолетовой радиации в миллионы раз короче, чем радиоволны, так что, применяя лазерные лучи, можно использовать в миллионы раз больше каналов, чем с применением радиоволн. В соответствии с этим может наступить время, когда у каждого человека будет свой собственный телевизионный канал, настроенный на компьютерный выход, и этот канал будет связью с совокупными знаниями мира. Подобие телевизора воспроизводило бы желаемый материал на экране, или на пленке, или на бумаге: котировки фондовой биржи, новости дня, новости торговли, газеты, журналы или книги, частично или полностью (И этот вопрос теперь решается – с помощью монитора компьютера и принтера).

Всемирная компьютеризированная библиотека была бы

жизненно важна для ученых и для исследовательской работы, но это было бы лишь малой долей ее использования. Она бы произвела небывалую революцию в образовании, впервые предложив нам схему образования, которое было бы по-настоящему открыто всем людям любого возраста.

В конце концов, все люди хотят учиться. В каждом черепе трехфунтовые мозги, которые требуют постоянного занятия, чтобы предотвратить болезненное состояние скуки. За неимением лучшего или более обогащающего их можно напитать бесцельными картинками низкопробных телевизионных передач или бесцельными звуками низкокачественных записей.

Однако, что если в жилище человека имеется устройство, которое доставляет ему информацию в точности с его запросами: как собирать коллекцию марок, как ремонтировать забор, как выпекать хлеб, как любить, подробности частной жизни королей Англии, правила футбола, история сцены? Что если все это делается с бесконечным терпением, с бесконечными повторениями, если требуется, причем в то время и в том месте, какие выберет учащийся?

И что если, усвоив какой-либо предмет, учащийся захочет узнать более сложное или нечто иное? Что если какой-нибудь раздел информации случайно разожжет новый неожиданный интерес и отошлет учащегося к совершенно новому направлению?

А почему бы и нет? Безусловно, все больше и больше лю-

дей воспринимали бы это как легкий и естественный путь удовлетворения любопытства и желания знать. И каждый человек, когда он образован по своим собственным интересам, мог бы оказаться полезным. Человек, у которого нашлись новые мысли или наблюдения какого-либо рода в любой сфере, мог бы сообщить о них, и если это не дублирует уже находящееся в библиотеке, это можно было бы хранить до подтверждения и, возможно, потом добавить в общее хранилище. Каждый человек был бы и учителем, и учеником.

Но при такой максимальной библиотеке, идеальной обучающей машине, не станет ли учитель-ученик терять желание к человеческому общению? Не станет ли цивилизация превращаться в обширное сообщество разобщенных людей, и не распадется ли она таким образом?

Отчего же распадется? Никакая обучающая машина не сможет заменить человеческий контакт в любой сфере. В спорте, в публичных выступлениях, в драматическом искусстве, в исследованиях, в танцах, в любви – никакая ученость не заменит практики, хотя теория может способствовать ее совершенствованию. Люди все же будут общаться и на все более высоком уровне, лучше понимая то, чем они занимаются.

Мы и в самом деле можем надеяться, что всякий человек обладает миссионерским инстинктом, чем бы он страстно ни интересовался. Энтузиаст шахмат старается заинтересовать других шахматами, то же самое можно сказать о

рыбаках, танцовщиках, химиках, историках, предпринимателях, джоггерах (Джоггер – бегающий трусцой), антикварах и о ком угодно. Человек, обратившийся к обучающей машине, который увлекся ткачеством, или историей костюма, или римскими монетами, очень вероятно, сделает решительные шаги, чтобы найти других с подобными интересами.

Метод компьютерного образования был бы безусловно безотносителен к возрасту. Он мог бы использоваться любым человеком в любом возрасте, например, когда в шестьдесят лет появляются новые интересы, а старые – пропадают. Постоянная тренировка мышления и любопытства сохранили бы мозг таким же гибким, как постоянные физические упражнения сохраняют в форме наше тело. Отсюда следует, что скука не обязательно сопутствует нарастающим годам, во всяком случае не настолько быстро и не так обязательно.

В итоге, несмотря на беспрецедентное старение популяции человека и никогда ранее не виданный недостаток молодежи, мир стабильного населения может стать миром быстрых технических достижений и не иметь себе равных по интенсивности перекрестного интеллектуального оплодотворения.

Но не может ли новое свободное волеизъявление в области образования привести к опасности? Когда всякий может учиться так, как ему хочется, не последуют ли почти все по разным мелочным, пустячным путям? Кому охота учиться скучным и трудным вещам, которые нужны для управления

миром?

Однако в компьютеризированном мире будущего не будет по-настоящему скучных для человека вещей. Людям останутся лишь такие творческие аспекты интеллектуальной деятельности, которые будут как бы в разряде развлечений для тех, кто ими занимается.

Всегда будут такие люди, которые найдут развлечение в математике и других науках, в политике и бизнесе, в исследовании и строительстве. Они бы помогали «управлять», но делали бы это из желания и для удовольствия, так же как те, кто занимается устройством японских садов или разработкой гурманских рецептов.

Будут ли те, кто станет управлять миром, обогащаться и угнетать других? Предположительно, такие возможности остаются, но можно надеяться, что в соответственно компьютеризированном мире шансов для коррупции будет по крайней мере меньше и что безмятежно управляемый мир принесет людям в целом больше благ, чем коррупция плюс беспорядок могли бы принести немногим.

Возникает картина утопии. Это будет мир, в котором соревнование наций обезврежено, и война упразднена. Это будет мир, в котором расизм, «сексизм» и «возрастизм» потеряют свое значение в сотрудничающем обществе передовой связи, автоматике и компьютеризации. Это будет мир обильной энергии и процветающей технологии.

Но не может ли и такая утопия иметь свои опасности?

В конце концов, в мире досуга и развлечений не может ли сам характер человечества расслабиться, размягчиться и разложиться? Ведь он развился и стал сильным в атмосфере непрерывного риска и опасности.

Как только Земля станет глобальным воскресным полднем в пригороде, не может ли цивилизация, избежав гибели от взрыва перенаселения и смерти от нитя стареющего населения, вдруг стать жертвой смерти в тишине от скуки?

Такое конечно могло бы произойти, если бы цивилизация к тому времени существовала только на Земле. Но, несомненно, можно надеяться на то, что к моменту, когда будет достигнута «обстановка воскресного пригорода», Земля не будет единственным обиталищем людей. В условиях быстрого роста технических достижений, ставших возможными благодаря компьютеризированным знаниям, будет исследован космос, исследован и населен со скоростью гораздо большей, чем мы сейчас можем себе представить, и именно космические поселения в таком случае будут представлять передний край человечества.

Там, на новом фронте, самом широком и, более того, почти нескончаемом, риск и опасность встретятся в большом количестве. Земля станет тихим центром ограниченной стимуляции, тем не менее всегда будут оставаться большие сложные задачи, чтобы испытывать человечество на прочность и сохранять его в силе, если не на самой Земле, то на бесконечных рубежах космоса.

## Технология

Я изображал технологию основным архитектором мира, в котором можно жить, и даже утопического мира с низкой рождаемостью. Собственно, я опирался на технологию как на главный фактор, отводящий угрозу катастроф. Тем не менее нельзя отрицать того факта, что технология также может быть причиной катастрофы. Термоядерная война является прямым продуктом передовой технологии, и именно передовая технология сейчас потребляет наши ресурсы и топит нас в загрязнениях.

Даже если мы разрешим все проблемы, с которыми сегодня сталкиваемся, отчасти посредством человеческого здравого смысла и отчасти благодаря самой технологии, нет гарантии, что в будущем мы не окажемся перед угрозой катастрофы из-за непрерывного успеха технологии.

Например, предположим, что мы путем ядерного синтеза или с помощью солнечной энергии вырабатываем обильную энергию без химического или радиационного загрязнения. Но не сможет ли эта обильная энергия производить другие виды загрязнения, которые от нее неотделимы?

Согласно первому началу термодинамики, энергия не исчезает, а просто изменяет свою форму. Две из этих форм – свет и звук. Например, с 70-х годов XIX века, когда Эдисоном был изобретен электрический свет, ночная сторона Зем-

ли за десяток лет стала ярче.

Такое «световое загрязнение» является для нас относительно незначительной проблемой (исключая астрономов, которые перенесут сферу своей деятельности в космос по прошествии каких-нибудь десятилетий). Ну, а как со звуком? Вибрация движущихся частей, связанных с производством или с использованием энергии, является «шумом», и промышленный мир, конечно, шумное место. Звуки движения автомобилей, взлетающих самолетов, железной дороги, сигналов в тумане, снегоуборочных машин в зимнюю пору, моторных лодок на обычно тихих озерах, проигрывателей, радио, телевидения – все это окружает нас непрерывным шумом. Не будет ли ситуация бесконечно ухудшаться, и не станет ли мир непереносимым?

Вряд ли такое возможно. Многие источники нежелательного света и звука находятся под строгим контролем человека, и если техника производит их, она может также уменьшить их воздействие. Электрические машины, к примеру, были бы намного тише, чем машины с бензиновым двигателем.

Но в общем-то свет и звук были с нами всегда, даже в доиндустриальное время. А как насчет видов энергии, присущих нашему времени? Скажем, как насчет микроволнового загрязнения?

Микроволны, представляющие собой радиоволны сравнительно короткой длины, впервые широко применялись во



время Второй мировой войны для радиолокации. С тех пор они не только использовались в возрастающем количестве радиолокационных установок, но также нашли применение и в микроволновых печах для быстрого приготовления пищи, так как микроволны проникают в пищу и распространяют тепло по всей пище изнутри, а не как при обычном способе приготовления, когда нагревание происходит снаружи, и потому прогрев идет медленно.

Но микроволны проникают также и в нас и поглощаются нашими внутренностями. Не может ли действие случайных микроволн от приборов, их использующих, иметь какое-либо вредное влияние на наше тело на молекулярном уровне?

Опасность микроволн была преувеличена некоторыми паникерами, но это не значит, что ее нет. В будущем, если энергия на Землю будет поступать от солнечных силовых станций, расположенных в космосе, она будет поставляться на поверхность Земли в виде микроволн. Здесь нужно будет действовать осторожно и быть уверенным, что это не принесет губительных последствий. По всей вероятности, их не будет, но это нельзя считать само собой разумеющимся.

Наконец, вся энергия любого рода постепенно превращается в тепло. Это тупик энергии. В отсутствие человеческой техники Земля получает энергию от Солнца. Солнце неизмеримо крупный источник тепла на Земле, но незначительные его количества поступают из глубины Земли и от естественной радиоактивности коры.

Пока люди ограничивают себя использованием энергии Солнца, глубинного тепла планеты и естественной радиоактивности не более, чем на том уровне, на котором они естественно доступны, общего эффекта тупикового образования тепла не возникает. Другими словами, мы можем использовать сияние Солнца, гидроэнергию, приливы и отливы, разницу температур в океане, горячие источники, ветры и так далее, не производя никакого дополнительного тепла сверх того, что производилось бы и без нашего вмешательства.

Но, сжигая дерево, мы производим тепло с большей скоростью, чем оно производилось бы при его медленном разложении. Сжигая уголь или нефть, мы производим тепло там, где обычно никакого тепла нет. Если мы доберемся до глубинных запасов горячей воды, то вызовем более сильную утечку внутреннего тепла, чем обычная.

Во всех этих случаях тепло будет добавляться в окружающую среду со скоростью, большей, чем в отсутствие человеческой техники, и это дополнительное тепло должно излучаться Землей ночью. Для увеличения скорости излучения тепла температура Земли должна подняться выше той, какой она была бы в отсутствие человеческой техники, производя таким образом «термальное загрязнение». На сегодня вся дополнительная энергия, которую мы произвели, главным образом благодаря сжиганию ископаемого топлива, не имеет особенно значительного эффекта на среднюю температуру Земли. Человечество производит 6,6 миллионов ме-

гаватт тепла в год, в то время как от естественных источников Земля получает 120 000 миллионов мегаватт в год. Иными словами, мы добавляем только 1/18000 от общего количества. Однако наше производство тепла концентрируется в немногих, относительно ограниченных районах, и местное нагревание в крупных городах делает климат там существенно отличающимся от того, каким бы он был, если бы города были нетронутыми участками растительности.

Ну, а что же в будущем? Ядерное расщепление и ядерный синтез добавляют тепло в окружающую среду и имеют тенденцию делать это с гораздо большей скоростью, чем существующее сейчас сжигание ископаемого топлива. Использование солнечной энергии на поверхности Земли не прибавляет тепла планете, но сбор ее в космосе и отправка на Землю – добавляет.

При настоящих темпах роста населения и использования энергии человеком, ее производство в следующем полувеке может увеличиться в шестнадцать раз, и производство тепла составит уже 1/1000 от общего количества. В этом случае мы окажемся на грани повышения температуры Земли до бедственной, то есть на грани начала таяния полярных ледовых шапок или, что еще хуже, возникновения быстро нарастающего парникового эффекта.

Даже если численность населения останется низкой и стабильной, энергия, которая нам нужна для того, чтобы вводить в действие все более передовую технику, будет все боль-

ше добавлять Земле тепла, и это может в конечном счете оказаться опасным. Чтобы избежать нежелательного термального загрязнения, людям, по-видимому, необходимо установить определенный максимум скорости использования энергии, и не только для Земли, но и во всяком естественном или искусственном мире, в котором они живут и развивают технику. В качестве альтернативы могут быть разработаны методы увеличения скорости теплового излучения до приемлемых температур.

Технологии также могут быть опасными в областях, которые не имеют ничего общего с энергией. Мы только теперь постепенно достигли возможности вмешиваться в генетический строй жизни, включая человека. Это вещь совершенно новая и актуальная.

Когда люди занимались скотоводством и земледелием, они намеренно спаривали животных и скрещивали растения таким образом, чтобы выделить свойства, которые полезны человеку. В результате культурные растения и домашние животные во многих случаях полностью изменились по сравнению с начальными организмами, впервые использованными первобытным человеком. Лошади стали крупнее и быстрее, коровы дают больше молока, овцы – больше шерсти, куры – больше яиц. Выведены десятки служебных и декоративных пород собак и голубей.

Однако современная наука дает возможность улучшать наследственность быстрыми темпами.

В одиннадцатой главе мы рассматривали проблемы понимания наследственности и генетики, и наши открытия относительно важной роли, выполняемой ДНК.

В начале 70-х годов были открыты технологии, которые позволяют расщеплять отдельные молекулы ДНК в определенном месте, воздействуя на них ферментами ((В начале 1998 года стало известно, что в Техасском университете в Далласе группе исследователей во главе с профессором Вудриджем Райтом удалось выделить хромосомный фермент, способный до бесконечности омолаживать клетки человеческого организма. Ученые создали технологию постоянного поддержания в организме этого фермента – теломеразы, и поддержания тем самым процесса постоянного омолаживания клеток)). После этого они могут быть перекомбинированы, то есть расщепленная ДНК из одной клетки организма может быть присоединена к другой расщепленной ДНК из другой клетки, даже если эти две клетки принадлежат к организмам совершенно различных видов. При таких технологиях «перекомбинирования ДНК» может быть образован новый ген, способный проявлять новые химические возможности. Организм может быть намеренно мутирован (изменен), его можно заставить пройти своего рода направленную эволюцию.

Большая работа по перекомбинации ДНК была проведена над бактериями в попытке раскрыть химические детали процесса наследственности. Однако при этом возникли по-

бочные эффекты.

Так, существует распространенное заболевание – диабет. При диабете в организме нарушен механизм ботки инсулина, гормона, необходимого для переработки сахара на уровне клетки. Предположительно, это результат повреждения определенного гена.

Человека можно обеспечить инсулином извне, скажем, получать его из поджелудочной железы забитых животных. У каждого животного только одна поджелудочная железа, и это означает, что инсулин существует в ограниченном количестве, и в большом количестве его производить нелегко. Кроме того, инсулин, полученный от крупного рогатого скота, от овец или от свиней, не совсем идентичен человеческому инсулину.

А что если ген, который обеспечивает выработку инсулина, получить из человеческих клеток и добавить в генетическое оснащение бактерии способом рекомбинации ДНК? Бактерия тогда смогла бы вырабатывать не просто инсулин, а человеческий инсулин, и передавала бы эту способность своим потомкам. А так как бактерии можно культивировать почти в любых количествах, было бы возможно произвести необходимое количество инсулина. И в 1978 году подобное было произведено в лаборатории, и были созданы бактерии для производства человеческого инсулина.

Могут быть сделаны и другие подобные открытия. Мы могли бы, так сказать, «сконструировать» бактерии, способ-

ные вырабатывать и другие гормоны, кроме инсулина, или заставить их вырабатывать определенные факторы крови, или антибиотики, или вакцины. Мы могли бы сконструировать бактерии, которые были бы особенно активны в процессе связывания азота в соединения, делающие почву более плодородной, или которые могли бы осуществлять фотосинтез, или превращать солому в сахар, или перерабатывать нефть в масло и протеин, или расщеплять пластмассу, или которые могли бы концентрировать остатки полезных металлов из отходов или из морской воды.

Ну, а что если совершенно нечаянно создадут бактерии, которые вызывают болезнь? Это может быть болезнь, против которой человеческий организм никогда не вырабатывал защиты, поскольку она никогда не встречалась в природе. Подобная болезнь может просто причинить неудобство или временно расстроить здоровье, но может быть и смертельной, оказаться еще хуже, чем «черная смерть», угрожавшая гибелью всему человечеству.

Вероятность такой катастрофы очень мала, но одна только мысль о ней заставила группу ученых, работавших в этой сфере, в 1974 году заявить о необходимости принять специальные меры предосторожности, которые позволили бы предотвратить попадание в окружающую среду искусственно мутированных микроорганизмов.

Некоторое время казалось, что эта новая технология вызвала появление кошмаров, которые представлялись страш-

нее ядерной войны, и поднялось движение за прекращение всякого использования наших растущих знаний о механизме генетики («генной инженерии»).

Эти страхи представляются преувеличенными, и в целом преимущества, которые дает генная инженерия, настолько велики, а вероятность каких-либо бедствий от них так мала, и предприняты настолько серьезные меры, чтобы их избежать, что, несомненно, прекращение исследований из-за непомерного страха было бы трагедией.

Все же, вероятно, для многих будет большим облегчением, если генетические эксперименты, которые считаются рискованными (наряду с рискованной научной и промышленной деятельностью в других сферах), производить на околоземной орбите. Изолирующее действие тысяч миль вакуума между населенной поверхностью планеты и возможной опасностью неизмеримо уменьшит риск.

Если генная инженерия применительно к бактериям, как представляется, чревата катастрофой, то что можно сказать о генной инженерии применительно к людям? Она рождала страхи даже еще до того, как были сделаны первые шаги в этом направлении. Более ста лет медицина действовала, спасая жизни, которые иначе были бы потеряны, и тем самым снижала скорость устранения генов низкого качества.

Разве это разумно? Значит, мы разрешаем скапливаться генам низкого качества, способствуем ухудшению качества популяции человека в целом до такого уровня, при котором



и нормальные особи, и даже более сильные уже не в состоянии будут сдерживать рост дефектных генов в популяции в целом?

Трудно найти аргументы в пользу того, чтобы люди страдали и умирали, когда им можно легко помочь и спасти их. Однако, хотя некоторые непреклонные личности и берутся защищать политику «твердой руки», все же безусловно они не будут столь же принципиальны, когда дело коснется их самих или их близких.

С техническими достижениями может также прийти и верное решение. В настоящее время улучшается медицинское воздействие на врожденные пороки. Инсулин обеспечивает то, чего не хватает диабетикам, но дефектный ген у диабетика остается, и он передается по наследству (Дефектный ген благодаря мутации может возникнуть и у ребенка здоровых родителей, так что жестокое устранение дефектных родителей необязательно устранил дефектные гены). Может быть, наступит время, когда технология генной инженерии будет использоваться для того, чтобы внести изменения и исправить непосредственно дефектные гены.

Некоторые опасаются ухудшения качества популяции при снижении рождаемости. Аргумент их состоит в том, что рождаемость в непропорциональной степени будет снижаться сильнее у тех, у кого выше образование и более высокая степень социальной ответственности, так что высокоразвитые личности будут, так сказать, задавлены слаборазвитыми.

Этот страх еще подстегивается заверениями некоторых психологов, что интеллект может наследоваться. Они представляют данные, из которых можно заключить, что тот, кто более преуспевает в экономическом плане, более умен, чем тот, кто преуспевает менее.

В частности, они уверяют, что коэффициент умственного развития у черных ниже, чем у белых.

Скрытое значение этих высказываний состоит в том, что любая попытка скорректировать то, что кажется социальной несправедливостью, обречена на провал, поскольку угнетенные глупы точно в такой степени, в которой угнетены, и поэтому заслуживают угнетения. Еще одно скрытое значение в том, что ограничение роста населения в первую очередь должно касаться бедных и угнетенных, потому что они и так не очень хороши.

Английский психолог Сирил Барт (1883—1971), ангел-хранитель таких психологов, представил данные, доказывающие, что британские высшие слои населения умнее, чем низшие слои, что британские не-евреи умнее, чем британские евреи, что британские мужчины умнее британских женщин, и что британцы в целом умнее, чем ирландцы. Как сейчас представляется, его данные были приведены им, чтобы продемонстрировать результаты, которые соответствовали его предрассудкам.

Даже в том случае, когда наблюдения представлялись честными людьми, имеются значительные сомнения, что ко-

эффицент умственного развития измеряет что-то еще, кроме сходства испытуемых с проверяющим, ввиду того, что проверяющий, естественно, причисляет себя к сливкам общества.

Кроме того, на всем протяжении истории низшие слои общества производили из себя высшие слои: крестьянство произвело средний класс, угнетенные произвели угнетателей. Оказывается, почти все выдающиеся люди нашей культуры, если проследить их происхождение, произошли от людей, которые были крестьянами, иначе – угнетенными, которых в свое время высшие слои общества считали безнадежными недочеловеками, низшей породой человечества.

И тогда разумно предположить, что поскольку мы должны выжить, рождаемость упадет, но нам не следует беспокоиться, если ее падение не сбалансирует абсолютно все группы и классы. Человечество переживет шок и, вероятно, не станет от этого менее умным.

Обращаясь ближе к нашим дням, заметим, что источником возможного ухудшения положения являются достижения науки, которая выделяет или производит естественные или синтетические препараты, являющиеся наркотиками или галлюциногенами. Все больше прежде нормальных людей становятся зависимыми от этих препаратов. Не будет ли эта тенденция усиливаться, пока человечество не выродится и уже поздно будет говорить о спасении?

Представляется все-таки, что наркотики больше всего це-

нят как способ избавления от скуки и страдания. Поскольку бороться со скукой и страданием должно быть целью любого разумного общества, успех в этом отношении может уменьшить и опасность от наркотиков. Неудача же может привести к катастрофе независимо от наркотиков.

Наконец, технологии генной инженерии могли бы служить средством изменения человека, мутаций и эволюции таким образом, чтобы устранить некоторые страхи, которые нам мешают. Эти технологии могли бы служить, например, для совершенствования интеллекта, устранения дефектных генов, повышения различных способностей.

Но не могут ли эти благие намерения рухнуть? Например, одной из первых побед генной инженерии могла бы быть возможность управлять полом будущего ребенка (В сентябре 1998 года появилось сообщение об успешном применении для выбора пола будущего потомства некоторых видов животных так называемого метода «сортировки спермы». Что же касается человека, то обладающая патентом на сортировку семенной жидкости человека американская фирма «Майкросорт» при разработке определенной методики установила, что вероятность рождения девочки можно увеличить в 5-6 раз, а мальчика – в 2-3 раза). Не приведет ли это к радикальному расстройству общества? Поскольку стереотипно для людей иметь сына, не станут ли родители в подавляющем большинстве выбирать мальчиков?

Понятно, в таком случае первым результатом будет мир,

в котором мужчины по количеству значительно превышают женщин. Это означает, что резко упадет рождаемость, поскольку рождаемость зависит от количества женщин детородного возраста и только очень незначительно от количества мужчин. В перенаселенном мире это, может быть, и неплохо, особенно если предрассудок в пользу появления на свет сына наиболее силен в наиболее перенаселенных странах.

С другой стороны, девочки неожиданно приобретут большее значение, соревнование за них может стать острым, и дальновидные родители в следующих поколениях станут делать выбор в пользу девочек как практической инвестиции. И очень скоро станет ясно, что соотношение один к одному – единственное соотношение, которое срабатывает правильно.

А что насчет «детей из пробирок»? В 1978 году в газетах сообщалось, что один ребенок был рожден таким образом, но это было оплодотворение в пробирке, технология, давно используемая для домашнего скота. Оплодотворенное яйцо надо было имплантировать в матку женщины, и плод должен был созревать там (В середине 80-х годов в медицинскую практику вошло замораживание мужских половых клеток, которые могут в таком состоянии сохраняться сколь угодно долго, а затем использоваться для искусственного оплодотворения, даже когда донора уже нет в живых. Многие мужчины, особенно те, кто по роду своей деятельности рискует жизнью, замораживают свою сперму. Разрабатывают-

ся методы и для замораживания женских половых клеток, что в силу их сложного устройства гораздо труднее. Таким образом потомство может быть воспроизведено и в отсутствие живых родителей. Теперь, в 90-х годах, некоторые ученые утверждают, что даже нет необходимости в замораживании. Наследственный код каждого из нас может быть записан на компьютерный диск, а затем при необходимости затребован. К середине XXI века, вероятно, появится возможность искусственно воспроизвести наследственный материал, точную копию того, который был записан в компьютере. Таким образом «мертвый» компьютерный файл, содержащий всю информацию о геноме, может быть превращен в живого человека-двойника).

Это позволяет полагать, что в будущем занятые карьерой женщины могут выделить яйцеклетки для оплодотворения, а затем имплантировать их в суррогатных матерей. Как только ребенок родится, суррогатной матери можно заплатить, а ребенка забрать.

Будет ли это популярно? Вопрос не в ребенке, в конце концов, дело только в генах. Большая часть его развития в зародышевой стадии зависит от материнского окружения, от диеты приемной матери, эффективности ее плаценты, биохимических особенностей ее клеток и кровообращения. Биологическая мать может не чувствовать, что ребенок, которого она получит из чьей-то утробы, по-настоящему ее, и когда слабые стороны и недостатки (реальные или выду-

манные) проявятся в ребенке, биологической матери может не хватить терпения и любви справляться с ними, и она может винить в них приемную мать.

И если бы оплодотворение в пробирке могло существовать лишь как дополнительный выбор, было бы не удивительно, если бы оно оказалось минимально популярным. Мы могли бы, конечно, двигаться дальше и вообще обойтись без матки женщины. Раз мы разработали искусственную плаценту (неплохая работа), человеческие яйцеклетки могли бы пройти девять месяцев дальнейшего развития в лабораторном оборудовании с аэрированными питательными смесями, циркулирующими в нем, чтобы питать эмбрион и удалять отходы. Это был бы настоящий ребенок из пробирки.

Но не переродится ли репродуктивный механизм женщин при неиспользуемых матках? Не станут ли люди зависимы от искусственной плаценты? И не окажутся ли перед угрозой вымирания, если подведет технология? Вряд ли. Эволюционные изменения не происходят так быстро. Если бы мы использовали воспроизводящие фабрики даже на протяжении сотни поколений, женская матка все равно осталась бы функционирующей.

Кроме того, рождение детей из пробирки вряд ли будет основным способом, хотя, возможно, и станет приемлемым вариантом. Многие женщины скорее предпочтут естественный процесс беременности и родовых мук хотя бы только потому, что будут совершенно уверены, что ребенок действи-

тельно их собственный. Они также могут почувствовать, что ребенок ближе к ним, потому что питался материнской средой.

С другой стороны, существуют преимущества у детей из пробирки. Развивающийся эмбрион будет все время под строгим наблюдением. Мельчайшие недочеты могут быть вовремя исправлены. Эмбрионы с серьезными недостатками могут быть вовремя выбракованы. Некоторые женщины определенно предпочтут иметь здорового ребенка.

Может наступить время, когда мы научимся точно определять все гены в человеческих хромосомах и познаем их природу. Мы тогда могли бы точно локализовать серьезно дефектные гены у индивидуумов и оценить вероятность дефективных детей, возникающую из случайного союза дефектных генов каждого из двух данных родителей.

Индивидуумы, точно проинформированные относительно своего генетического кода, могут искать партнера с генами, которые будут наиболее подходящими для их собственных, или они могут вступать в брак по любви и воспользоваться помощью со стороны ради подходящего сочетания генов в своих детях. Такими методами и путем полной модификации генов можно было бы управлять эволюцией человека.

А нет ли опасности, что будут расистские попытки вызывать такие сочетания генов, которые, например, будут давать только высоких голубоглазых блондинов? Или, наобо-



рот, не появятся ли попытки вывести большое количество скучных, слабоумных людей – бесстрастных и терпеливых, годных лишь для того, чтобы делать тяжелую работу и служить в армии?

Обе мысли довольно наивны. Надо полагать, что во многих частях мира будут оборудованы лаборатории по генной инженерии, да и зачем, скажем, азиатам мечтать о нордическом типе? Что касается расы недолюдей, то чем же они будут заниматься в мире без войны и с компьютерной автоматикой?

А что насчет клонирования? Стоит ли нам пренебрегать совсем простым способом воспроизводства, когда можно взять клетку от какого-либо индивидуума, мужчины или женщины, и заменить ядром этой клетки яйцо в яйцеклетке? Яйцеклетка была бы этим стимулирована к делению и могла бы развиваться в ребенка, у которого был точно такой же генетический набор, как у индивидуума, который был клонирован (В 1997 году в Шотландии методом клонирования впервые получено полноценное млекопитающее – овечка Долли, являющаяся точной копией своей матери. В конце 1997 года чикагский ученый доктор Ричард Сид заявил, что в ближайшие месяцы намерен применить этот метод к людям. Заявление вызвало в основном отрицательную реакцию общества. Однако ученый заметил, что его цель – помочь семьям, которые не способны завести детей естественным способом. В 1998 году лаборатория клонирования

Техасского университета получила от некоего миллионера 5 млн долларов для воспроизведения его собаки-колли по кличке Мисси. Директор лаборатории заявил, что в распоряжении ученых два года, чтобы создать двойника собаки. Он также сообщил, что в лабораторию поступают запросы о клонировании скаковых лошадей. В это же время группа китайских ученых приступила к реализации проекта клонирования панды, полагая, что метод бесполого размножения поможет выжить медленно, но верно исчезающим бамбуковым медведям. В апреле 2000 года в английской прессе появилось сообщение о разрешении клонирования человека, так называемом «терапевтическом клонировании» – выращивании «запасных» органов человека: почек, печени и т. п).

Но зачем это делать? В конце концов, обычное воспроизводство является достаточно эффективным способом рождения детей, и оно имеет преимущество – перемешивает гены, создавая новые комбинации.

Не захотят ли некоторые люди сохранить свои гены и дать им новую жизнь? Может быть, но клон не будет точным дубликатом. Если бы вас клонировали, ваш клон мог бы иметь вашу внешность, но он не развивался бы в теле вашей матери, как вы, и как только он бы родился, у него было бы совершенно другое социальное окружение по сравнению с вашим. Так что это не станет путем сохранения Эйнштейнов и Бетховенов будущего. Клон математика мог бы не развивать математические способности до высокой степени в достав-

шемся ему социальном окружении. Клон музыканта при его собственном социальном окружении мог бы не переносить музыки, и так далее.

Короче говоря, во многих случаях страх перед генной инженерией и предсказания катастрофы – результат упрощенного мышления. С другой стороны, часто многие возможные преимущества клонирования игнорируются.

Применение технологий генной инженерии сулит возможности развития клонированной клетки, в результате чего может быть получено, например, сердце с прилегающими к нему тканями. Или таким же образом можно воспроизвести печень, или почки, и так далее. Они могли бы быть использованы для замены поврежденных или плохо функционирующих органов тела первоначального донора клонированной клетки. Такой новый орган легко приживется, потому что он, в конечном счете, построен из клеток с генным набором этого донора (В 1998 году Эдриан Вулф, директор отделения Лондонского института педиатрии, сообщил, что найден путь к искусственному выращиванию человеческой почки за счет пересадки в организм пациента части эмбриональной ткани здорового органа, что исключает опасность отторжения).

Клонирование может быть использовано, чтобы спасти находящихся на грани вымирания животных. Но не приведет ли эволюция, управляема она или нет, человечество к концу? Может привести, если мы определяем человека, как

*Homo sapiens*. Но почему мы должны определять его только именно так? Если люди станут жить в космосе в многочисленных искусственных поселениях, которые в конце концов будут отделяться друг от друга и двигаться в космосе каждое само по себе, то в каждом из них развитие будет происходить по-особому, по-своему, и через миллион лет могут появиться дюжины, или сотни, или мириады разных видов, и все — потомки человека, но все разные.

И это тем более хорошо, потому что разнообразие и многообразие только укрепят человеческую семью видов. Мы можем предположить, что интеллект сохранится или, скорее всего, усовершенствуется, поскольку виды с ухудшающимся интеллектом будут отсеяны, так как не смогут поддерживать космические поселения. А если интеллект останется, да еще усовершенствуется, какое значение имеет изменение деталей внешнего вида и внутреннее физическое устройство?

## **Компьютеры**

Может ли быть так, что когда человечество эволюционирует и, предположительно, усовершенствуется, с другими видами произойдет то же самое? Не могут ли эти виды догнать нас и сжить со света?

Мы, в некотором смысле, догнали и перегнали дельфинов, мозг у которых был величиной с наш еще за миллионы лет до появления человека. Однако не было никакой конкуренции

между проживающими в воде китовыми и обитающими на суше приматами, и именно люди разработали технику.

Мы сами вряд ли будем конкурировать; или, если и будем, то на основе разрешения другим видам, таким же разумным, как и мы, присоединиться к нам в качестве союзников в битве против катастрофы. И это не может произойти, если мы не ускорим эволюцию других видов в направлении развития интеллекта путем использования технологий генной инженерии; и для этого потребуется значительно меньше миллиона лет.

Однако есть на Земле еще один вид интеллекта, который не имеет ничего общего с органической жизнью и который целиком является созданием человеческих рук. Это компьютер.

О вычислительных машинах, способных решать сложные математические задачи гораздо быстрее и гораздо надежнее, чем люди (при условии, если компьютер хорошо запрограммирован), мечтали еще в 1822 году. Именно в этом году английский математик Чарлз Бэббидж (1792—1871) начал строить вычислительную машину. Он потратил на нее годы и потерпел неудачу не из-за того, что плоха была его теория, а потому, что у него для работы были только механические детали, и они были просто недостаточно хорошо приспособлены для такой работы.

Что тут было нужно, так это электроника; манипуляция субатомными частицами, а совсем не большими движущи-

мися частями. Первый большой электронный компьютер был построен в университете Пенсильвании во время Второй мировой войны Джоном Проспером Эк-керттом-младшим (р. 1919) и Джоном Вильямом Машли (р. 1907) на основе системы, разработанной ранее инженером-электриком Ванневаром Бушем (1890—1974). Этот электронный компьютер ENIAC (электронно-цифровой интегратор и компьютер) стоил три миллиона долларов, содержал 19 000 вакуумных ламп, весил 30 тонн, занимал 1500 квадратных футов пола и потреблял энергию, как локомотив. Операции на нем прекратили в 1955 году, а в 1957 году он, как безнадежно устаревший, был разобран.

Хрупкие, ненадежные, энергоемкие вакуумные лампы были заменены твердыми транзисторами, гораздо меньшими, гораздо более надежными, гораздо менее энергоемкими. В дальнейшем стали изготавливать печатные платы – еще меньше и еще более надежные. И наконец, крохотные чипы из силикона, площадью в квадратный дюйм, тонкие, как бумага, с тонко нанесенными на них другими веществами, были составлены в маленькие компактные лабиринты, смонтированные тоненькими алюминиевыми проводками, и соединены, составляя компьютеры.

На исходе 70-х компьютер можно было получить за три сотни долларов заказом по почте или почти на каждом углу в лавке. И это уже был компьютер, который потреблял энергии не больше, чем маленькая лампочка, достаточно неболь-

шой (его нетрудно было унести) и способный совершать гораздо больше операций, в двадцать раз быстрее и в тысячи раз надежнее, чем ENIAC (Японская электронная корпорация Эн-И-Си объявила, что собирается к 2001 году создать компьютер, который будет производить 32 триллиона операций в секунду, т. е. действовать примерно в миллион раз быстрее обычного персонального компьютера).

По мере того как компьютеры становились все более компактными, более универсальными и более дешевыми, они стали наводнять дома. 80-е годы могут быть свидетелями того, как они станут неотъемлемым предметом повседневной жизни, как в 50-е стал телевизор. Собственно, ранее в этой главе я называл компьютеры обучающими машинами будущего. Как долго это будет продолжаться?

В настоящий момент компьютер – это машина, строго ограниченная ее программой и способная выполнять только самые простейшие задачи, но зато с неизмеримой скоростью и терпением. Своего рода зачаточный интеллект компьютер начнет проявлять, когда он станет способен к самопроверке и к модификации собственных программ.

Когда компьютеры и их «искусственный интеллект» захватят все больше и больше рутинной умственной работы мира, а, может быть, и не такие уж простые – тоже, не станет ли человеческий ум атрофироваться из-за недостатка работы? Не станем ли мы глупо зависеть от машин, и, когда у нас уже не будет интеллекта, чтобы их соответственно использо-

вать, не выйдет ли наш вид из строя, а с ним и цивилизация?

С такой же проблемой и страхом человечество, должно быть, сталкивалось и в более ранние периоды истории. Можно себе представить, например, презрение древних строителей, когда вошел в пользование эквивалент измерительной линейки. Не вырождается ли навсегда точный глазомер и опытное суждение умелого архитектора, как только любой дурак сможет определить, какой длины нужно взять дерево или камень, просто чтением отметок на палке? И, безусловно, не ужаснулись ли стародавние барды при изобретении письменности – кода отметок, который устранял необходимость памяти. Ребенок десяти лет, научившись читать, мог тогда декламировать «Илиаду», хотя никогда ее раньше не видел, просто следуя этим отметкам. Как бы мог выродиться ум!

Все же использование неодушевленных средств для рассуждения и памяти не разрушили рассуждение и память. Конечно, нелегко сегодня найти такого, кто бы мог без остановки по памяти читать эпические поэмы. Но кому это надо? Если наши таланты без подсказки больше не демонстрируют ненужные подвиги, разве достижение не стоит потери? Можно ли было построить на глаз Тадж Махал или мост Золотые Ворота? Как много людей знали бы драмы Шекспира или романы Толстого, если бы мы зависели от подыскания кого-нибудь, кто бы знал их наизусть и согласился нам читать, – если бы вообще было возможно создать их без написания?



Когда промышленная революция применила силу пара, а затем и электричество для решения физических задач человечества, разве мускулы людей в результате этого стали дряблыми? Подвиги на игровом поле и в гимнастическом зале опровергают это. Даже обычный, привязанный к городу работник офиса остается в форме благодаря бегу трусцой, теннису, гимнастике, делая с желанием то, что ему необходимо, и больше не делая этого под тяжелым давлением рабочего принуждения.

С компьютерами может быть так же. Мы бы оставляли им механические работы по сухим, как пыль, расчетам, ведение документации, поиск информации, хранение данных, позволяя тем самым освободить свою голову для истинно творческой работы – так, чтобы мы могли построить Тадж Махал вместо глиняных хаток.

Это, безусловно, предполагает, что компьютеры никогда не будут служить ни для чего более, как для рутины и повтора. А что если компьютеры продолжают бесконечно развиваться и будут следовать за нами до последней твердыни нашего разума? Что если компьютеры тоже научатся строить Тадж Махал, писать симфонии и совершать новые великие открытия в науке? Что если они научатся подделывать все умственные способности, какие есть у людей? Что, в самом деле, если компьютеры смогут использоваться как мозги роботов, которые будут искусственными аналогами человека, делая все, что делает человек, только, изготовленные из бо-

лее прочного и более долговечного материала, лучше переносящие суровую окружающую среду? Не станет ли человечество устаревшим? Не смогут ли компьютеры «взять верх»? Не станет ли это катастрофой четвертого класса (именно не пятого), которая уничтожит людей и оставит за собой наследников людей, созданных ими самими?

Если поразмыслить над этим, то можно задать себе довольно циничный вопрос: а почему бы нет? История эволюции жизни является историей медленного изменения видов или физической заменой одних видов совершенно другими, когда это изменение или замена приводят к лучшей подгонке к определенной нише в окружающей среде. Эта длительная, петляющая история несколько сотен тысяч лет назад пришла наконец к *Homo sapiens*, но почему это должен быть окончательный шаг?

Надо ли считать, что пьеса закончена? Собственно, если бы мы были способны отстраненно взглянуть на весь сложный путь эволюции в мире эпоха за эпохой, как медленно, по пути проб и ошибок, успехов и промахов эволюционировала жизнь, прежде чем появились известные нам виды, нам бы могло показаться, что разумно взять процесс эволюции в собственные, направляющие руки. Нам бы могло показаться, что в эволюции произошел бы реальный прогресс, если бы появился искусственный интеллект – лучшее из того, что до сих пор было придумано.

В таком случае замена человечества компьютерами бы-

ла бы естественным явлением, объективно приветствуемым, как мы сами приветствовали смену рептилий млекопитающими, и чему мы могли бы возразить только из самолюбия по причине, которая в сущности легкомысленна и к делу не относится. Если быть еще более циничным, то стоит ли доказывать, что замена человечества – это отнюдь не зло, а истинное добро?

В самом деле, в предыдущих главах я предположил, что человечество предпримет разумные меры, которые предотвратят войны, ограничат население и установят гуманный порядок в обществе. Но сделает ли оно это? Хотелось бы думать, что да, но история человечества не очень-то воодушевляет в этом отношении. Что если люди не оставят свою вечную подозрительность и насилие друг против друга? Что если они не смогут ограничить население? Что если не существует пути, чтобы человеческая порядочность создала открытое общество? В таком случае как мы сможем избежать уничтожения цивилизации и, быть может, даже самого человечества?

Может быть, единственное спасение в замене видов, которые совершенно никуда не годятся, лучшими. С этой точки зрения следует бояться не того, что человечество будет заменено компьютерами, а того, что человечество не сможет развивать компьютеры достаточно быстро, чтобы подготовить себе наследников, которые бы взяли все в свои руки ко времени неизбежного крушения цивилизации в течение следу-

ющего века.

А все же что если люди все-таки решат проблемы, с которыми они сталкиваются сегодня, и создадут порядочное общество, основанное на мире, сотрудничестве и мудром техническом развитии? Что если это будет сделано с бесценной помощью совершенствующихся компьютеров? Несмотря на успех человека, есть ли у людей гарантия того, что их не вытеснят вещи, которые они сами создали, и не станет ли это настоящей катастрофой?

Но тогда мы можем задать вопрос: что имеется в виду под высшим разумом?

Это уж слишком упрощенно – сравнивать качества, как будто мы измеряем длину линейкой. Мы привыкли к одномерным сравнениям и прекрасно понимаем, что имеется в виду, когда мы говорим, что одна величина больше другой, или одна масса больше, чем другая, или одна длительность больше другой. У нас вырабатывается привычка считать, что все можно так же просто сравнивать.

Например, зебра может достичь удаленной точки раньше, чем это сможет сделать пчела, если обе стартуют в одно время и с одного места. Мы рассуждаем тогда, что, по-видимому, зебра быстрее пчелы. Однако пчела намного меньше зебры и, в отличие от зебры она может летать. Обе эти особенности важны при определении этого «быстрее».

Пчела может вылететь из ямы, из которой зебре не выбраться; она может пролететь сквозь прутья клетки, которая

держит зебру в заключении. Что же тогда значит это «быстрее»? Если А превосходит Б в одном качестве, Б может превосходить А в другом качестве. Если условия изменятся, то или иное качество может приобрести большее значение.

Человек в аэроплане летит быстрее, чем птица, но он не может лететь в нем так же медленно, как птица, а временами медлительность может понадобиться для выживания. Человек в вертолете может летать так же медленно, как птица, но не так бесшумно, как птица, а иногда бесшумность может потребоваться для выживания. Короче, выживание требует комплекса характеристик, и никакие виды не могут быть заменены другими только из-за различия в одном качестве, даже если этим качеством является разум.

Мы видим это в человеческих делах достаточно часто. В критическом положении не обязательно выиграет человек с самым высоким коэффициентом умственного развития, может выиграть более решительный, или самый сильный, или самый выносливый, самый состоятельный, самый влиятельный. Да, разум важен, но это еще не все, что важно.

Одним словом, разум не просто определяемое качество, он проявляется по-разному. Суперобразованный ученый, профессор, и вместе с тем – ребенок в отношении вещей, далеких от его специальности, является стереотипной фигурой современного фольклора. Мы можем не удивиться, встретив искусственного бизнесмена, который достаточно разумен, чтобы уверенно руководить предприятием в миллионы дол-

ларов, и который не способен говорить грамматически правильно. Так как же мы тогда можем сравнить человеческий разум и разум компьютера, и что же мы можем иметь в виду под «высшим разумом»?

Уже теперь компьютеры способны на такие фокусы, которые человеку не под силу, но это не заставляет нас говорить, что компьютер разумнее нас. Мы, собственно, даже не готовы признать, что он вообще разумен. Не забудьте также, что развитие разума в людях и в компьютерах проходило и проходит по различным путям; что оно было и есть приводимо в движение различными механизмами.

Человеческий мозг, благодаря беспорядочным мутациям, развивался по принципу – пан или пропал; он использовал тонкие химические изменения и двигался вперед благодаря естественному отбору и необходимости выживать в определенном мире данных качеств и опасностей. Компьютерный мозг развивается благодаря продуманному замыслу, как результат тщательной человеческой разработки, с использованием тонких электротехнических достижений и с движением вперед благодаря техническому прогрессу и необходимости удовлетворять определенные человеческие требования.

Было бы очень странно, если бы мозг и компьютеры, двигаясь такими двумя расходящимися путями, заканчивали бы столь похоже один на другой, что один из них недвусмысленно мог бы быть назван превосходящим по разуму другого.

Гораздо более вероятно, что даже когда эти две вещи рав-

ны по разуму в целом, свойства их разумов будут настолько различны, что не может быть сделано никакого простого сравнения. Будут виды деятельности, к которым лучше адаптирован компьютер, и другие виды – к которым лучше адаптирован мозг. Это было бы определено верно, если бы генная инженерия была целенаправленно использована для совершенствования человеческого мозга именно в тех направлениях, в которых компьютер слаб. Было бы, конечно, желательно держать как компьютер, так и человеческий мозг специализированными в различных направлениях, поскольку дублирование способностей было бы потерей времени и сделало бы тот или другой ненужным.

Следовательно, вопрос замены никогда не должен возникнуть. Конечно, то что мы бы могли увидеть, это был бы симбиоз или взаимная дополняемость; мозг и компьютер, работая вместе, обеспечивали бы каждый то, чего не хватает другому, образуя разумную пару, которая открывала бы новые горизонты и делала возможным достижение новых высот. Собственно, союз мозгов, человеческого и созданного человеком, мог бы послужить дверным проемом, через который люди могли бы пройти из своего младенчества в свою богатую взаимодействием взрослую жизнь.

# Послесловие

Давайте теперь оглянемся на длительное путешествие вдоль представшего перед нами широкого выбора катастроф.

Мы можем разделить все описанные мною катастрофы на две группы: первая – вероятные или даже неизбежные, например, превращение Солнца в красный гигант, и вторая – маловероятные, как, например, столкновение огромной массы антивещества непосредственно с Землей.

Нет смысла рассуждать о катастрофах второй группы. Не будет большой ошибкой предположить, что они никогда не произойдут, и сосредоточиться на катастрофах первой группы. Последние можно разделить на две подгруппы: те, что угрожают нам в ближайшем будущем, и те, что могут произойти спустя десятки тысяч, а то и миллиарды лет, к примеру такие, как повышение температуры Солнца или наступление ледникового периода.

Опять-таки не стоит рассуждать о катастрофах второй подгруппы, если мы не разобрались с первой, это было бы пустой тратой времени.

При рассмотрении первой подгруппы катастроф, весьма вероятных и угрожающих нам в более близкие времена, мы опять-таки можем разделить их на два вида: на те, которых можно избежать, и на неизбежные.



Мне представляется, что катастроф второго вида нет, не существует катастрофы, которой невозможно избежать, не существует ничего такого, что грозило бы нам неминуемым уничтожением до такой степени, чтобы с этим невозможно было ничего сделать. Если действовать рационально и по-человечески, если спокойно подойти к проблемам, стоящим перед лицом всего рода людского, и не вдаваться в эмоции по поводу таких вопросов девятнадцатого века, как национальная безопасность и местнический патриотизм, если мы поймем, что нашими врагами являются совсем не соседи, а нищета, невежество и холодное безразличие к законам природы, все стоящие перед нами проблемы можно решить. Можно обдуманно сделать выбор и в итоге избежать катастроф.

И если мы сделаем этот выбор в двадцать первом столетии, мы можем распространиться в космосе и утратить свою уязвимость. Мы больше не будем зависеть от одной планеты или от одной звезды. И тогда человечество или его разумные потомки и их союзники смогут существовать и после прекращения существования Земли, после прекращения существования Солнца, после (кто знает?) прекращения существования нашей Вселенной.

Это наша цель. Так одержим победу.