

Природные катастрофы и антропный принцип

А. В. Турчин

Антропный принцип утверждает, что наша Вселенная устроена так, чтобы в ней могли существовать наблюдатели. Это, в частности, означает, что на Земле ранее не происходило природных катастроф, которые сделали бы невозможным существование на ней человеческой цивилизации. Однако из этого вовсе не следует, что такого рода катастрофы не могут произойти в будущем. Поэтому данные о частоте глобальных природных катастроф в прошлом не могут быть использованы в качестве надежной основы для экстраполяции при построении прогнозов на будущее, кроме ряда случаев, когда у нас есть дополнительная информация о том, что разумная жизнь могла возникнуть и раньше, как это делают Бостром и Тегмарк [Bostrom, Tegmark, 2005]. Более того, поскольку возникновение разумной жизни есть, видимо, событие крайне редкое во вселенском масштабе, то оно требует стечения целого ряда маловероятных в своей последовательности обстоятельств, что, в частности, может означать, что некоторые критические параметры, являющиеся условием возникновения жизни, могут находиться около границ своей области устойчивости. Это, в свою очередь, означает, что вероятность глобальных катастроф в будущем значительно выше, чем в прошлом. Более того, эта вероятность может быть ещё выше за счёт эффекта отложенного действия, созданного тем, что все предыдущие события удовлетворяли антропному принципу. В наихудшем случае различие прошлых и будущих вероятностей рисков существованию может составлять несколько порядков. Для некоего наблюдателя это может выглядеть как одновременное быстрое и необъяснимое ухудшение всех жизненно важных параметров и, нельзя быть уверенными в том, что этот процесс уже не начался. Короче говоря, антропный принцип применим только для оценки прошлого, но он не несет с собой никаких гарантий для будущего, что в некоторых условиях может означать уменьшение вероятности выживания человеческой цивилизации — если люди не возьмут свою судьбу в свои руки.

Введение

Импульсом к написанию данной работы послужил следующий параграф из статьи Бострома и Тегмарка: «Можно подумать, что раз жизнь здесь, на Земле, сохранилась в течение примерно 4 Гигалет, катастрофические события уничтожающие ее должны быть исключительно редкими. К сожалению, этот аргумент несовершенен, и создаваемое им чувство безопасности — фальшиво. Он не принимает во внимание эффект избранности наблюдателя (observation selection effect), который не позволяет любому наблюдателю наблюдать что-нибудь ещё, кроме того, что его вид дожил до момента, когда они сделали наблюдение. Даже если бы частота космических катастроф была бы очень велика, мы по-прежнему должны ожидать обнаружить себя на планете, которая ещё не уничтожена. Тот факт, что мы всё ещё живы, не может даже исключить гипотезу, что в среднем космическое пространство вокруг стерилизуется распадом вакуума, скажем, каждые 10 000 лет, и что наша собственная планета просто была чрезвычайно удачливой до сих пор. Если бы эта гипотеза была верна, перспективы будущего были бы унылы». [Bostrom, Tegmark, 2005]

1. Антропный принцип. Эффект избранности наблюдателей. Результаты Бострома и Тегмарка

Нет более спорного пункта в современной космологии, чем антропный принцип. Одни считают его пустой тавтологией, другие — ключом к разгадке тайн Вселенной. Есть разные формулировки антропного принципа, например:

«Наше положение во Вселенной с необходимостью является привилегированным в том смысле, что оно должно быть совместимо с нашим существованием как наблюдателей» [Казютинский В. В., Балашов, 1989].

«Мы являемся свидетелями процессов определенного рода потому, что другие процессы протекают без свидетелей». [Зельманов, 1970].

Физическим проявлением антропного принципа является тонкое соответствие разных физических констант. Например, если бы масса электрона была бы немногим больше или немногим меньше, то стабильных атомов бы не было, и жизнь была бы невозможна. Причина этого точного

соответствия часто определяется в том, что существует очень много разных Вселенных, но мы можем наблюдать только ту из них, которая позволяет сформироваться наблюдателям.

Однако ход рассуждений антропного принципа применим не только к космологии, но и к астрофизике — понятно, что Земля не могла бы сформироваться ни около звезды голубого гиганта, ибо они живут очень недолго, ни у вспыхивающего красного карлика, ни у большинства других звёзд, — а только у такой стабильной и долгоживущей звезды, как Солнце.

В самой общей форме это можно выразить так: если некое событие случилось, то из этого однозначно следует, что не было никаких событий, которые сделали бы его невозможным. Например, если самолёт прилетел в пункт назначения, это означает, что в пути с ним не случилось никакой необратимой катастрофы. Если мы видим человека живым, то это означает, что он не умер до настоящего момента.

Хотя такие высказывания тривиальны, важно отметить следующий факт: условия, сформулированные в них, относятся только к прошлому. И ничего не говорят о том, что будет в будущем.

Иначе говоря, из того, что человечество существует, следует, что Солнце должно было быть спокойной звездой в первый 5 млрд лет своего существования, до настоящего момента. Но из этого никак не следует, сколько ещё оно будет спокойно в будущем.

Ник Бостром и Макс Тегмарк [Bostrom, Tegmark, 2005] применяют антропный принцип для анализа вероятной частоты космологических катастроф, вроде распада метастабильного вакуума.

По одной из теорий, Большой Взрыв, из которого возникла наша Вселенная, произошёл в виде процесса, называемого «космологической инфляцией», который состоял в том, что высокоэнергетичное состояние первичного вакуума — называемого также ложным вакуумом — распалось, и перешло в наш низкоэнергетичный вакуум. Однако неизвестно, является ли наш вакуум состоянием с самой низкой энергией, и если нет, то он может распасться в свою очередь. Для нашей Вселенной это будет означать прекращение существования. Вакуум, который может распасться ещё раз, называется метастабильным.

Бостром и Тегмарк отмечают, что если бы вероятная частота такого рода события была бы достаточно велика — скажем, 1 раз в 1 млрд лет, — то вряд ли бы современная Земля сформировалась так поздно, т. е. через 13,7 млрд лет от Большого Взрыва, поскольку теоретически условия для её формирования сложились достаточно рано, чтобы она могла возник-

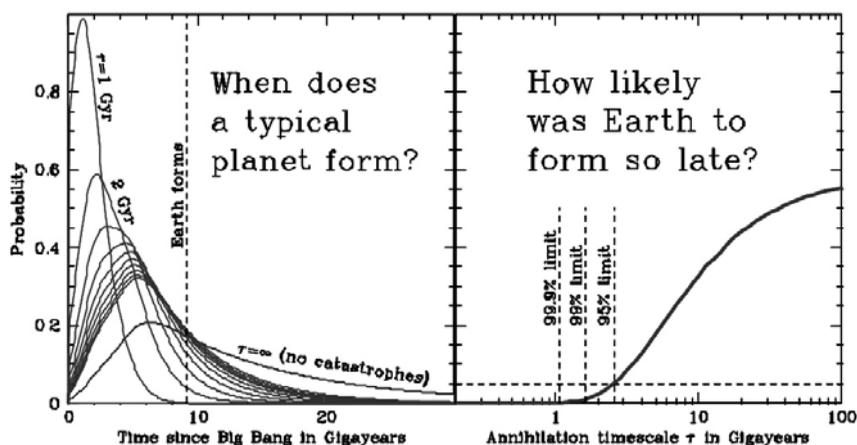


Рис. 1. Зависимость вероятности возникновения Земли при разных частотах глобальных катастроф

нуть на несколько миллиардов лет раньше. Поэтому относительно позднее формирование Земли говорит о том, что космологические катастрофы приводящие к гибели вселенных случаются достаточно редко. Бостром и Tegmark выводят вероятностные оценки для такого рода событий. «Мы можем исключить гипотезы, что T (период между катастрофами уничтожающими вселенные) $< 2,5$ гигаlet с 95 % уверенностью, и соответствующие 99 % и 99,9 % интервалы уверенности составляют $T > 1,6$ и $T > 1,1$ Гигаlet соответственно» [Bostrom, Tegmark, 2005].

На рис. 1 представлены графики из статьи Бострома, на которых показаны зависимости вероятности возникновения Земли при разных частотах глобальных катастроф. Видно, что чем чаще катастрофы (т. е. чем меньше их характерное время, указанное в гигагодах, т. е. миллиардах лет), тем сильнее график прижимается к оси ординат слева. И тем менее вероятно то, что Земля попадает на эту кривую с учётом её позднего формирования около 10 млрд лет назад. В правой части графика показано распределение вероятностей для разных кривых с разными характерными частотами. По оси абсцисс отложено характерное время катастроф, а по оси ординат — вероятность для интервала. Видно, что для небольших интервалов она крайне мала. Однако для интервалов более 10 млрд лет она близка к 0,5.

Бостром в других своих статьях [Bostrom, 2002] дает более общее наименование антропному принципу — *observers selection effect*, что на русский язык можно перевести, как «эффект избранности наблюдателей», или более развернуто — эффект ощущения избранности, возникающий у наблюдателей. Этот эффект возникает во всех экспериментах, в которых число экспериментаторов меняется. Например, в статье [Redelmeier, Tibshirani, 1999] показывается, что: «Автомобили в соседней полосе действительно едут быстрее». Авторы доказывают это по началу кажущееся абсурдным утверждение, обращая внимание читателей на то, что число водителей, обнаруживающих себя в медленной полосе, больше числа водителей в быстрой полосе, поскольку вторые заканчивают движение быстрее.

Эффект избранности наблюдателей относится к числу неочевидных факторов, связанных с глобальными рисками. Он состоит в том, что в ходе некоего процесса число наблюдателей изменяется, что может приводить к определённой сдвигу в оценке вероятностей событий. Если некий наблюдатель не учитывает этот сдвиг, то эффект избранности наблюдателей вносит систематическую ошибку в его результаты.

Предположим, в рулетку играет тысяча человек, и у одного из них два раза подряд выпадет нужное число из 36, и он выигрывает значительную сумму денег. Выигравший человек может прийти к выводу, что обладает некими особыми способностями по предвидению выпадения чисел в рулетку, и что в дальнейшем он будет также выигрывать. Исходя из этого предположения, он в очередной раз может поставить всю выигранную сумму снова на одно число, и, скорее всего, проиграет. Его проигрыш будет связан с тем, что он поддался эффекту ощущения собственной избранности, который заставил его зависеть свою субъективную «везучесть». Однако, если бы игрок имел полную информацию о числе играющих и больше доверял теории вероятности, а не своим субъективным ощущениям, он бы мог вычислить, что вероятность того что у одного из тысячи игроков выпадет два раза подряд нужное число, достаточно велика, но она ничтожна для трех и более выигрышей подряд.

Иначе говоря, для получения достоверного прогноза этот игрок должен учитывать не только свои результаты, но и число других игроков, которые не дошли до финишной прямой.

Подобный эффект может быть обнаружен и относительно человечества. Чтобы на Земле возникла разумная жизнь, должно было сложиться множество обстоятельств, включающих правильную величину массы Земли, её химический состав, наличие Луны, характеристики Солнца, место

Солнца в Галактике и много других, список которых до сих пор не завершён. (И о многих событиях, отсутствие которых позволило разумной жизни возникнуть, люди даже не догадываются, потому что ни разу их не наблюдали.) Шанс такого сложения обстоятельств — не больше, чем при игре в рулетку, и у большинства звёзд обитаемых планет не появилось. Подробнее о теории «редкой Земли» см. [Ward, Brownlee, 2000].

А. С. Щербаков в своей статье «Антропный принцип в космологии и геологии» [Щербицкий, 1999] подробно разбирает действие антропного принципа на примере исторической динамики земной атмосферы. Он пишет: «Известно, что геологическая эволюция протекает в рамках колебательного режима. Его экстремальным точкам соответствуют два состояния, получивших название „горячая планета“ и „белая планета“ ... Ситуация „горячей планеты“ возникает в случае поступления из мантии Земли большого объема газовых компонентов и прежде всего углекислого газа ... Как показывают расчеты, постепенное испарение воды океана толщиной 10 м способно создать такие парниковые условия, при которых начинается кипение воды. Оно продолжается уже без дополнительного притока тепла. Конечная точка процесса — выкипание океанов, рост приповерхностной температуры и давления до сотен атмосфер и градусов ... Геологический материал говорит о том, что в своей истории Земля четырежды вплотную подходила к ситуации тотального обледенения. Не меньшее число раз она останавливалась перед состоянием выкипания океанов. Почему же ни того, ни другого не случилось? Общей и единой спасительной причины как будто бы нет. Вместо этого каждый раз обнаруживается единственное и всегда уникальное обстоятельство. Именно при попытках их объяснения в геологических текстах начинает мелькать знакомое „... крайне малая вероятность“, „если бы данный геологический фактор на малую долю“ и т. д. ... В фундаментальной монографии „История атмосферы“ [Будыко, 1985] речь идет о неизъяснимой корреляции трех явлений: ритмов солнечной активности, этапов дегазации мантии и эволюции живого. „Объяснить соответствие колебаний физико-химического режима атмосферы потребностями развития биосферы можно только случайным согласованием направления и скорости развития не связанных друг с другом процессов эволюции Солнца и эволюции Земли. Так как вероятность такого согласования исключительно мала, то из этого следует вывод об исключительной редкости жизни (и особенно ее высших форм) во Вселенной“».

Дальше Щербаков, однако, не делает очевидного вывода о том, что поскольку во Вселенной существуют миллиарды землеподобных планет,

то среди них наверняка должна была бы найтись такая, где циклы дегазации мантии совпали бы нужным для устойчивого развития многоклеточной жизни образом. Вместо этого он анализирует философские проблемы телеологии эволюции. Ничего он также не говорит об очевидном следствии того, что развитие Земли было результатом совпадения очень большого количества случайностей — а именно о том, что из этого следует, что в будущем они перестанут совпадать.

Однако большинство людей склонно полагать, что такое везение продлится и в будущем, используя для этого умозаключения индукцию. Математическим выражением такого рода индукции может считаться формула Готта

$$\frac{(1-f)}{(1+f)}T < t < \frac{(1+f)}{(1-f)}T \quad 1)$$

где T — возраст системы в момент её наблюдения,

t — ожидаемое время её существования,

f — заданный уровень достоверности, в данном случае $f=0,5$, т. е. 50 %, что t попадёт в данный интервал.

Формула действует только в том случае, если T — случайная величина. Иначе говоря, если наблюдение системы производится в случайный момент времени.

Из формулы следует, что если мы наблюдаем некий объект в случайный момент времени, то до конца существования этого объекта осталось с вероятностью в 50 % не менее одной трети и не более трёх периодов времени, равных времени существования объекта до момента наблюдения. [Gott, 1993].

В нашей Галактике более 100 млрд звёзд, и никаких следов деятельности внеземных цивилизаций люди не обнаружили. Это позволяет предполагать, что Человечество — первая цивилизация в нашей Галактике (или же большинство цивилизаций не сумели технологически продвинуться настолько, чтобы суметь установить контакт с человечеством), а возможно, даже и в Местной группе галактик. Это позволяет выдвинуть гипотезу о том, что существует некий фактор, делающий формирование разумной и технологически высокопродвинутой жизни крайне редким явлением. Можно сказать, что на сегодняшний день человечество выглядит цивилизацией, которая выиграла в лотерею, где только один билет на 100 млрд является выигрышным. Это примерно равносильно везению в 36 выборов подряд монетки правильной стороной вверх. Если бы эта игра происходила бы во

времени равномерно, то, исходя из возраста Земли в 4,5 млрд лет, каждое «бросание монетки» происходило бы раз в 125 млн лет. Иначе говоря, это означало бы, что математическое ожидание сохранения Земли как пригодной для разумной жизни планеты составляло бы 125 млн лет.

Однако распространены и другие способы оценки будущего времени пригодности Земли для жизни. Популярно мнение состоящее в том, что раз Земля и жизнь на ней просуществовали 4 млрд лет, то и в будущем она просуществует примерно столько же, т. е. ещё 4 млрд лет. Это мнение математически выражается формулой Готта, которая дает возможность прийти к выводу, что если мы наблюдаем некий объект в случайный момент времени его существования, то, скорее всего, мы находимся где-то в середине его жизненного пути. Для Земли формула Готта даёт интервал достоверности в 50 %, что Земля просуществует от 1,3 млрд до 12 млрд лет с настоящего момента.

Однако формулу Готта нельзя применять в случае предсказания будущего возраста Земли, потому что мы, люди, наблюдаем Землю не в случайный момент времени её существования (А формула Готта работает, только если момент наблюдения распределён совершенно случайно.). Наоборот, мы наблюдаем Землю в тот момент, когда на ней завершились все процессы, необходимые для возникновения разумной жизни — и Земля не единственная планета, где такие процессы начались. Это означает, что мы, скорее всего, наблюдаем её в относительно поздний момент её существования. Точно также выигравший два раза подряд игрок в рулетку из предыдущего примера является всего лишь случайным временным «везунчиком» среди других игроков.

При всей уязвимости этого умозаключения, основанного на самых предварительных оценках и ряде произвольных допущений, оно не может не вызывать тревогу. Потому что по формуле Готта (которая не учитывает неслучайность, вносимую эффектом избранности наблюдателей) до уменьшения вероятности выживания до 50 % у нас не 125 млн лет, а порядка 4 млрд. Сравнивая эти два числа, получаем уменьшение ожидаемого благополучного будущего в 32 раза.

Иначе говоря, учёт эффекта избранности наблюдателей снижает в данном случае предварительную оценку ожидаемого будущего в 32 раза. И хотя эта цифра зависит от ряда предположений, масштаб эффекта заставляет нас уделить ему значительное внимание.

Конечно, можно сказать: «Какая разница, случится ли космическая катастрофа через 4 млрд лет или через 125 млн лет?» Однако здесь важ-

но проиллюстрировать сам принцип рассуждения, который мы затем применим к более близким материям.

Другой иллюстрацией заблуждений, связанных с проекцией прошлого на будущее, являются распространённые среди людей представления, что Солнце через 5 млрд лет погаснет. Однако с точки зрения науки излучение Солнца постепенно и непрерывно растёт, что связано с увеличением его радиуса. Этот рост составляет 10 % в миллиард лет, что кажется немного, если забыть, что это означает рост средней температуры Земли примерно на 30° — без учёта возможности необратимого парникового эффекта (см. далее), улетучивания воды океанов в космос и других мало приятных факторов, сопутствующих потеплению — что уже на грани выживания млекопитающих современного типа. А с их учётом оценка в миллиард лет будет казаться весьма оптимистичной. Эта оценка также дана без учёта того, что из стабильности горения солнечного ядра в прошлом не следует стабильность его горения в будущем, тем более, что чем меньше водорода в ядре, тем больше возможностей для так называемой конвекции (перемешивания слоёв в ядре звезды в данном случае) [Шкловский, 1984]. Если бы такая конвекция произошла, это бы привело к значительному изменению светимости Солнца — событие рядовое для других звёзд, но фатальное для человечества. Изменения солнечной светимости на несколько десятков процентов уже достаточно для закипания океанов или глобального оледенения, а это вовсе не то же, что вспышка новой звезды. Кроме того, есть звёзды, во многом похожие на Солнце, но производящие хромосферные вспышки в миллион раз сильнее. Итак, вопреки распространённому мнению, мы, скорее всего, наблюдаем не середину, а заключительный этап существования Солнца в качестве звезды, подходящей для поддержания приемлемой температуры на Земле. Это согласуется с предположением о том, что благодаря антропному принципу мы находимся близко к концу периодов устойчивости жизненно важных для нас процессов.

В области финансов рассматриваемая нами тема известна под названием «Survivorship bias», что буквально переводится как «предубеждение, связанное с выживанием». Оно проявляется в том, что в статистике учитываются только те паевые фонды, которые дожили до конца отчётного периода, а значит, имеют хорошие результаты, а те, которые имели плохие результаты и разорились, не учитываются. Это позволяет фондам завышать свою эффективность, так как потенциальному клиенту неизвестно, из какого числа фондов выжил данный фонд, и какова в этом роль случайности и закономерности. Чем большее число фондов погибло, тем больше

шанс, что данный фонд выжил случайно, а не за счёт качественного менеджмента. Этон, Груббер и Блэйк [Elton, Gruber, & Blake, 1996] вычислили, что суммарный вклад этой ошибки в оценку всех фондов США составляет 0,9 % в год, что немало, если сравнивать это не со 100 %, а доходностью акций или ценных бумаг, равной сейчас 4–6 %.

2. Природные катастрофы

Как мы уже говорили, применение эффекта избранности наблюдателей к космологическим катастрофам рассмотрено в статье Бострома и Тегмарка. Они изучали катастрофы, вероятность которых равномерно распределена на огромном промежутке времени от возникновения Вселенной до настоящего момента. Благодаря этому они получили оценки, что такого рода катастрофа вряд ли произойдёт в ближайшие миллионы лет. Однако в этой статье мы рассмотрим катастрофы, которые относятся к гораздо более краткому промежутку времени, а именно — к времени существованию обитаемой Земли, и которые имеют не равномерное, а нелинейное распределение вероятности.

Эти природные катастрофы не являются внешними по отношению к Земле и Солнечной системе, и поэтому не попадают, если говорить точно, под определение космологических катастроф, но они также и не созданы руками человека.

При этом приходится полагаться на теоретические экспертные заключения о возможности тех или иных катастроф, которые носят вероятностный или спорный характер, поскольку речь идёт о событиях, которых никогда не случалось. В данной статье мы оставим в стороне сложный вопрос о том, как определять степень достоверности того или иного сценария на основании более или менее авторитетных экспертных заключений. Отметим только следующие общие правила описания рисков:

Полезнее считать некий риск возможным до тех пор, пока строго не доказана его невозможность.

Если эксперт считает нечто невозможным, он скорее ошибается, чем другой эксперт, который считает нечто возможным. Потому что суждение о невозможности гораздо сильнее и достаточно одного исключения, чтобы его опровергнуть.

Субъективные оценки, не подкреплённые точными вычислениями, обычно ошибочны по примерно логарифмической шкале, например, если

некто утверждает, что событие имеет шанс один к десяти, то он прав в 60 % случаев, а если он утверждает, что шансы составляют один к миллиону, то он прав с вероятностью в 90 %. См. подробнее об ошибках экспертов в оценке рисков статью Юджовского [Yudkowsky, 2007].

Отметим принципиальное различие в терминах. Есть «крупные катастрофы» — это события, которые приносят неисчислимые бедствия, но не прекращают развития человечества, например грипп «испанка» или «цунами в Юго-Восточной Азии». И есть «глобальные катастрофы» — «угрозы существованию» (existential risks), т. е. события, которые могут необратимо прервать существование разумной жизни на Земле. Только последние рассматриваются в данной статье.

Список возможных глобальных природных катастроф велик. Одним из таких событий может стать извержение супервулкана. Извержение супервулкана Тоба в Индонезии 74 000 лет назад вызвало всемирную вулканическую зиму, продолжавшуюся 6 лет. Количество предков современного человека, живших в Африке, сократилось до нескольких тысяч — фактически, они были на грани вымирания. Это извержение не было самым сильным из возможных, его величина — 7 баллов по 8 балльной шкале вулканических землетрясений. Извержение вулкана Йеллоустоун 2 млн лет назад было 8 балльным. Горные породы в Сибири и Индии хранят следы о ещё более масштабных площадных извержениях, произошедших десятки и сотни миллионов лет назад. [Биндеман, 2006]

Глобальная опасность вулканических событий состоит не только в вулканической зиме, аналогичной «ядерной зиме», но и связанных с вулканизмом процессах дегазации земного ядра. Некоторые авторы утверждают, что выделение из земного ядра небиогенного кислорода сделает земную атмосферу непригодной для жизни через 600 млн лет [Соротихин, 2002].

Есть предположения, что источником земного тепла является естественный ядерный реактор на уране в центре планеты [Анисичкин, 1998]. При определённых условиях — например, при столкновении с крупной кометой — он может перейти в надкритическое состояние и вызвать взрыв планеты, что, возможно, и было причиной взрыва Фаэтона, из которого, возможно, сформировался пояс астероидов.

Есть другое предположение о причинах возможного взрыва планет — особые химические реакции в ионизированном льде. Дробышевский [Дробышевский, 1999] предполагает, что такого рода события регулярно происходят в ледяных спутниках Юпитера, и для Земли они опасны образованием огромного метеоритного потока. Он предполагает, что во всех

спутниках эти процессы уже завершились, кроме Каллисто, который может взорваться в любой момент. Есть также маргинальная теория о том, что взрывы пара могут происходить и на Земле в рифтовых зонах в океанах. В парке Йеллоустоун обнаружены кратеры от взрывов подземных полостей с паром до 1,5 км. в диаметре, т. е. теоретически сам процесс возможен. Растопление льдов Гренландии и высвобождение накопленных напряжений в коре под ней может запустить этот процесс.

Взрыв гиперновой (сверхновой максимальной силы), приводящий к образованию гамма-всплеска, направленного на Землю, может привести к уничтожению озонового слоя на несколько лет и мощному радиоактивному заражению, даже если расстояние до гиперновой будет 500 (а по некоторым данным — 3000) световых лет, хотя, вероятно, для нашей Галактики это крайне редкое явление. «Наилучший кандидат» в опасные гиперновые — это звезда Эта Киля (Eta Carinae) массой более 100 солнечных, находящаяся на расстоянии 7500–8000 световых лет от нас. Взорваться, хотя и слабее, в ближайшие тысячи лет может также Бетельгейзе (427 св. лет от Земли). Однако подсчёты показывают, что для взрыва обычной сверхновой, без гамма-всплеска, безопасны расстояния до 8 световых лет. Такие события случаются в среднем раз 1,5 млрд лет [Gehrels, 2003].

Шкловский [Шкловский, 1984] выдвинул гипотезу о том, что периодические конвекции в солнечном ядре с периодом в 200 млн лет ответственны за глобальные вымирания и ледниковые периоды, а также объясняют проблему солнечных нейтрино. Сейчас проблема недостатка солнечных нейтрино разрешена — обнаружена осцилляция нейтрино из одного типа в другой. Однако есть ряд гипотез о разных длительных циклах Солнечной активности. В любом случае, светимость Солнца по современным моделям постоянно растёт, а количество водорода в его центре убывает, что может сделать его горение нестабильным. (Однако распространённое предсказание «голландского астронома Ван дер Меера», что Солнце станет сверхновой через 6 лет является газетной уткой.) Важно отметить, что для глобальной катастрофы на Земле Солнцу не нужно становиться ни новой, и ни сверхновой звездой, а достаточно изменить свою светимость на 10–20 % в течение 100 лет. Нам также неизвестно, каков верхний предел энергии вспышек на Солнце, связанных с пятнами и магнитными полями. При этом особенно мощная вспышка может быть очень опасной или безопасной в зависимости от того, направлен ли выброс заряженных частиц в сторону Земли или нет.

В каждой галактике есть центральная чёрная дыра. И в некоторых галактиках они являются мощнейшими источниками излучения, что связано с аккрецией вещества на чёрную дыру. В нашей Галактике тоже есть центральная чёрная дыра, однако она спит. Это связано с тем, что в настоящий момент на неё не падает много вещества, и с тем, что она уже достигла такого большого размера, что вещество при падении проходит горизонт событий гораздо более плавно и меньше излучает. Тем не менее, активизация центральной чёрной дыры была бы неприятным сюрпризом для человечества, способным поставить его на грань существования, в виду увеличения нестабильности всех галактических процессов.

Столкновение с астероидом было бы особенно опасным, если бы он упал в океан, так как океан бы почти без потерь перенёс большую часть его энергии в виде цунами на континенты на огромные расстояния. Кроме того, столкновение с крупным астероидом вызвало бы всеобщее сверхземлетрясение, которое бы разрушило все города и вызвало запыление атмосферы, аналогичное «вулканической зиме». Однако важно правильно оценивать масштаб разрушений от астероидов разных размеров. Одна тонна астероидного вещества по энергии примерно соответствует 100 т тротила. Небесные тела размером до километра встречаются гораздо чаще, чем более крупные, но разрушения от них не приведут к вымиранию человечества. Более опасны кометы. Кометы приходят неожиданно и на большой скорости из облака Оорта, кроме того, возможно, что на кометы не распространяется линейный закон, связывающий размеры астероида и средние время его выпадения — чем больше астероид, тем реже он падает, — поскольку самые мелкие кометы, будучи кусками льда, уже испарились. Критическим для выживания человечества является размер падающих небесных тел порядка нескольких километров, а для всей биосферы — в десятки и даже сотни километров. Возмущения Солнечной системы от проходящих рядом звёзд могут вызывать кометные дожди.

Одной из довольно маргинальных, но принимаемой несколькими исследователями возможностью глобальной катастрофы является убегающий парниковый эффект (runaway greenhouse effect). В отличие от продвигаемой средствами массовой информации концепции парникового эффекта, которая утверждает, что при худшем сценарии температура Земли возрастёт на 2° и уровень океана повысится на несколько метров, эти исследователи утверждают, что парниковый эффект находится на пороге необратимости, пройдя который, он войдёт в фазу положительной обратной связи и температура Земли возрастёт на десятки и сотни градусов, делая жизнь на Земле невозможной. Это связано с тем, что водяной пар (не

в форме облаков, а растворённый в воздухе) является сильнейшим парниковым газом — а запасы готовой испаряться воды на Земле неограниченны. Кроме того, постепенное увеличение светимости Солнца, увеличение длины земных суток, накопление углекислого газа и снижение растворимости углекислого газа в океанах с ростом температуры работают на то, чтобы сделать парниковый эффект более сильным. Но ещё один фактор чреват резким увеличением парникового эффекта — разрушение огромных запасов газовых гидратов на дне моря, которое приведёт к выделению в атмосферу больших количеств метана — сильнейшего парникового газа. Разрушение газовых гидратов может принять характер цепной реакции, что уже однажды произошло несколько десятков миллионов лет назад, когда температура Земли повысилась за несколько тысяч лет примерно на 10° . Однако тогда гидратов было гораздо меньше. Этот сценарий можно назвать Венерианским, потому что именно благодаря парниковому эффекту на поверхности Венеры температуры составляет более 400 C . Глобальное потепление является **системным риском**, поскольку в нём увязано множество разных факторов: Солнце, земные недра, океаны, человек, политика, вулканизм.

Обратный сценарий можно было назвать марсианским — полное вымораживание планеты в результате глобального похолодания, которое превратит всю Землю в «заморожённый шарик», настолько успешно отражающий солнечные лучи, что он не может разогреться. Несколько раз в истории Земли это уже случалось, но затем Земля была разморожена мощным извержением вулканов.

На примере соседних планет мы можем видеть, что катастрофы планетарного масштаба уже случались — Марс (улетучивание атмосферы и замораживание), Венера (возможно, дегазация недр и определённо парниковый эффект) и пояс астероидов (возможно, взрыв — или ударное разрушение — планеты). То есть речь не идёт о гипотетически редких событиях; наоборот, именно Земля — исключение из правил. Вместе с тем частота разных рисков колеблется от сотен лет до миллиардов.

3. Применение антропоного принципа для анализа частоты природных катастроф

Для начала важно отметить разницу между прямым и косвенным методом исследования. Прямой метод состоит в непосредственном вычислении вероятностей для каждого источника риска на основе его научных

моделей и экспериментальных данных. Однако мы никогда не можем быть уверены в точности и завершённости списка природных рисков и правильности вычислений. Непрямой состоит в оценке порядка величины на основе того факта, что эти риски всё ещё не реализовались. Например, когда говорят, что у некоего водителя миллион километров безаварийной езды, это пример не прямой оценки его надёжности. Тогда как для прямой оценки нам нужно знать его возраст, вредные привычки, состояние сердца, и ещё множество довольно неопределённых параметров, которые могут быть настолько неопределёнными, что после длительных вычислений мы, возможно, получим результат с погрешностью, превышающей погрешность непрямого метода оценки. Однако, если результаты не прямой и прямой оценки сходны, это хороший знак достоверности вычислений. Очевидно, что применение антропного принципа или формулы Готта относится к непрямым методам.

Антропный принцип применительно к природным катастрофам будет звучать следующим образом:

За всю историю Земли ещё ни разу не случилось такой катастрофы, которая сделала бы невозможным возникновение разумной жизни на Земле.

Можно сформулировать его и более узко:

За время существования нашей цивилизации ни разу не случилось такой катастрофы, которая бы прервала нашу историческую память, т. е. прервала бы письменную традицию.

Понятно, что в этих двух формулировках речь идёт о катастрофах разного масштаба. Наша письменная традиция имеет возраст в 5 тыс. лет. Возможно, что до этого были и другие виды письменности, но они не сохранились, и непрерывная связь с ними была утрачена. Если бы действительно имело место нечто вроде Великого потопы или мегацунами, то выжили бы только безграмотные высокогорные пастухи. Из того, что наша письменность существует 5 тыс. лет, мы можем заключить, что такое событие в течение этого времени не происходило. Легенды о Великом потопе могут быть свидетельствами о катастрофе такого рода. Но о «предпоследнем потопе» мы ничего не помним — непрерывность нашей исторической памяти разрушена. Вопрос в том, как часто случаются события, прерывающие письменность цивилизации?

Антропный принцип применительно к природным катастрофам означает, что все условия должны были сложиться так, чтобы окончательных катастроф не произошло вплоть до настоящего момента, однако он вовсе не означает, что их не должно происходить и дальше.

Таблица 1

Математическое ожидание оставшихся лет жизни
в зависимости от возраста

Возраст:	Мат. ожидание оставшихся лет жизни:
0–1	73,88
05	70
10,4	65
15–16	60,19
20–21	55,46
25–26	50,81
30–31	46,12
35–36	41,43
40–41	36,79
45–46	32,27
50–51	27,94
55–56	23,85
60–61	20,02
65–66	16,51
70–71	13,32
75–76	10,48
80–81	7,98
85–86	5,96
90–91	4,43
95–96	3,34
100–101	2,73
105–106	2,38
109–110	2,2
Дальше информации нет.	

Хорошим примером процесса, подобного описываемой динамике глобальных катастроф, является статистика человеческой смертности. Этот процесс характеризуется возрастающей «интенсивностью смертно-

сти», обозначаемый в демографии $\mu(t)$, а в теории надёжности называемый «интенсивностью отказов». Количественной его мерой является отношение плотности вероятности к самой вероятности или математическое ожидание числа лет, которое проживёт человек, после достижения некоторого возраста. Данные по статистике США [Health ..., 2007].

По этой таблице для нас важно следующее.

- Геофизические катастрофы — это катастрофы сложных неравновесных систем, и к ним применимы аналогии из теории надёжности и старения.
- После возраста в 100 лет математическое ожидание будущих лет жизни почти не меняется и медленно убывает в районе 2,5 лет. Это не мешает некоторым подтверждённым долгожителям доживать до 115 лет. (При этом имеются в виду долгожители США, откуда эта статистика. В других странах и народах может быть другая статистика, более растянутая во времени.)

Чтобы яснее связать сказанное с темой влияния эффекта избранности наблюдателей, представим себе, что было бы, если бы супервулкан Тоба, который поставил человечество на грань гибели своим извержением, не замолк бы на 75 000 лет, а извергался бы каждые 10 000 лет, каждый раз сокращая число людей до нескольких тысяч. В таких условиях, вероятно, непрерывно развивающаяся и, в конце концов, осознающая себя цивилизация не могла бы сформироваться, и, значит, некому было бы исследовать вопрос об антропном принципе и глобальных рисках.

Можно провести параллель между ситуацией гибели всего человечества и статистикой человеческой смертности.

Средний возраст произвольного человека будет равен примерно половине среднего возраста — по нашей таблице это немного менее 40 лет. (Дальний хвост таблицы, в котором находятся долгожители, почти не влияет на выбор середины, так как там очень мало людей) Для него ожидаемая продолжительность остатка жизни составит порядка 36 лет.

Теперь возьмём множество всех людей, которые достаточно взрослые, чтобы начать исследовать вопрос об антропном принципе, и выберем из него произвольного человека. Скорее всего, он будет старше 15 лет. Средний возраст людей старше 15 будет примерно 47 лет, и ожидаемая продолжительность остатка жизни для них около 30 лет. То есть на 6 лет меньше, чем для человека вообще. Поскольку все читающие эту статью относятся ко второй группе, то среднее математическое ожидание будущей жизни для них будет на 6 лет меньше, чем для людей вообще.

Этот временной сдвиг невелик в данном примере, но существенно зависит от соотношения двух параметров — времени интеллектуального созревания и средней продолжительности жизни, которые, вообще говоря, не связаны. Иначе говоря, можно представить себе некое сообщество людей, где для достижения мудрости нужно прожить 100 лет. Достигнув 100 лет, человек задаётся вопросом, на сколько лет жизни ещё он может рассчитывать? Если он не может пользоваться примером других людей, он мог бы предположить, что будущее его время примерно равно прошлому, и у него есть в запасе ещё, примерно 100 лет. Вместе с тем таблица показывает, что средняя вероятная продолжительность остатка жизни человека столетнего возраста — 2–3 года.

Этот временной сдвиг и есть тот сдвиг, который я имею в виду под эффектом избранности наблюдателей применительно к природным катастрофам.

Иначе говоря, количество «мудрецов» возрастает к концу возрастной таблице, а количество людей с большим показателем ожидаемого остатка жизни — к началу. Обнаружив себя «мудрецом», человек вынужден предполагать, что он, скорее всего, находится ближе к концу своей возрастной таблицы, а не к середине.

Точно такая же ситуация и с цивилизациями: ожидаемая продолжительность существования цивилизации, уже открывшей математику, может быть сильно меньше ожидаемой продолжительности существования цивилизации вообще. Однако это зависит от неизвестного нам параметра средней периодичности катастроф.

Здесь важно сказать следующее: имеется принципиальная разница между строго периодическими катастрофами и псевдопериодическими событиями. Например, полнолуния — это (почти) строго периодические события. Если бы мы не знали, какая сейчас фаза Луны, то могли бы сказать, что среднее ожидание полнолуния составит $29,5 / 2 = 14,7$ дней. Однако если бы мы узнали, плюс к тому, что Луна не была полной уже 8 дней, то моя оценка бы сократилась до 6,7 дней.

С другой стороны, если бы мы наблюдали радиоактивный атом с периодом полураспада 14,7 дней, то информация о том, что он уже 8 дней как не распался, никак бы не изменила наше ожидание срока его существования.

Отсюда видно, что катастрофы со строгой периодичностью гораздо опаснее катастроф со случайной периодичностью, потому что мы знаем, что, раз мы существуем, то их не было в промежуток времени с последнего извержения вулкана Тоба 74 000 лет назад.

Составим таблицу средней периодичности извержений супервулкана и ожидаемой продолжительности существования цивилизации, исходя из того, что последнее катастрофическое извержение супервулкана было 75 000 лет назад. Будем учитывать три типа периодичности: строгую, как для астрономических событий, вероятностную, как для радиоактивного распада и смешанную, в качестве модели для которой возьмём данные из таблицы человеческой смертности (табл. 1.) (Эти данные затем приведены таким образом, что для каждой строки таблицы периодичность приравнена к средней продолжительности жизни в 80 лет, и отсюда выведено значение «года», и по таблице смертности взято ожидаемое время жизни для этого возраста, и обратно конвертировано числа временной шкалы табл. 2.)

В каждом столбце таблице жирным выделены те ячейки, которые дают наиболее опасный прогноз.

В этой таблице мы можем отвергнуть данные тех ячеек, которые говорят о немедленном извержении, ибо сейчас его не происходит. И теперь выберем те ячейки, которые дают наименьшие сроки, чтобы определить

Таблица 2

Средняя периодичность извержений супервулкана и ожидаемая продолжительность существования цивилизации

Периодичность Извержений, лет	Тип периодичности: строгий, время до следующего извержения, лет	Тип периодичности: Вероятностный, время до следующего извержения, лет	Тип периодичности: смешанный, подобный человеческому старению, лет
10,000	Прямо сейчас	10,000	Прямо сейчас (аналог возраста человека в 560 лет, ожидаемая продолжительность жизни — меньше года)
50,000	Прямо сейчас	50,000	Около 1000 (аналог возраст человека 120 лет, ожидаемая продолжительность жизни — 2 года)
75,000	Прямо сейчас	75,000	7000 (80 лет, 8 лет)
100,000	25,000	100,000	20,000 (60 лет, 20 лет)
150,000	75,000	150,000	80,000 (40 лет, 40 лет)

наиболее опасные сценарии. Сразу видно, что самые малые значения дольше всего появляются в третьем столбце таблицы, соответствующем смешанному распределению, подобному человеческой смертности.

Иначе говоря, это можно сформулировать так: наиболее опасны природные катастрофы с неточным критическим порогом.

Очевидно, что для разных классов природных катастроф будут верны разные виды распределений, но наверняка найдутся такие классы катастроф, для которых верны самые опасные распределения.

Это связано с тем, что разумная жизнь на Земле — крайне редкое явление в Космосе, если исходить из отсутствия её видимых проявлений среди звёзд (парадокс Ферми). И, вероятно, для её возникновения требовались крайние значения некоторых параметров устойчивости. Например, Солнце вращается таким образом вокруг центра Галактики, что никогда не попадает в галактические ветви.

Однако крайние значения любых параметров устойчивости находятся рядом с границей неустойчивости. Например, если взять самого старого человека в стране, то его ожидаемая продолжительность жизни будет мала. Если надуть воздушный шарик до максимально возможного размера, то следующего приращения объёма он уже не выдержит.

При этом мы можем иметь теоретически две следующие ситуации:

1. Геологические катастрофы происходят очень часто, но поскольку человечество могло сформироваться только в период относительно-го затишья, то мы наблюдаем как раз такое случайное затишье.
 - 1а) При этом хотя бы некоторые из катастроф носят строго периодический характер. Тогда наше затишье похоже на ситуацию, когда сразу несколько разнопериодичных маятников отклонились в одну сторону. Очевидно, что в этом случае очень скоро многие из этих маятников пойдут в другую сторону. Это — наихудший для нас сценарий. Он может выглядеть как внезапное, необъяснимое, одно-временное ухудшение всех жизненно важных факторов риска — связанных с Солнцем, вулканами, метеоритами. Более того, возможно, мы уже начинаем его наблюдать — поскольку те крупные катастрофы, которые угрожали бы человечеству в древности, вроде вулканической зимы, теперь не могут привести гибели всего человечества, и поэтому ничего не мешает им стать наблюдаемыми.
 - 1б) Все катастрофы носят случайный характер. В этом случае конец затишья будет более плавным.

- 1в) Хотя бы некоторые катастрофы имеют периодичность с неточным критическим порогом. Из них опаснее всего те, в отношении которых мы уже вошли по времени в область критического порога. Такие катастрофы готовы разразиться в ближайшем будущем.
2. Все геологические катастрофы происходят достаточно редко, чтобы эффект избранности наблюдателя не проявился.

При этом важно отметить, что характерное время разных классов геологических катастроф различно, поскольку различна та глубина, с которой они прерывают человеческое развитие. Например, время между вулканическими извержениями класса Йеллоустоуна, которые могут привести к вулканической зиме, губящей всё человечество, составляет около 600 000 лет, но оно угрожает только одному виду приматов.

Время между гигантскими цунами в области Средиземноморья может быть около 10 000 лет, но оно угрожает только непрерывности письменности у молодых культур в этом районе.

А характерное время супервспышек на Солнце или столкновения с суперкометами в сотни километров диаметров, которые могли бы уничтожить всю жизнь на Земле, может быть порядка миллиардов лет.

Теперь интересно задаться вопросом, какие геологические катастрофы можно отнести к периодическим. Сразу отметим, что здесь очень распространена ситуация, когда постепенное нарастание некоторого параметра (скажем, напряжения в коре) достигает некоторого порогового значения, которое «размазано» на некотором промежутке. Эта ситуация сочетает в себе качества строго периодических и случайных процессов. А именно, если нарастание параметра строго линейно, а критический порог строго определён, мы имеем периодический процесс.

1. Супервулканы. Периодичность их извержений обусловлена физикой их работы, в чём-то похожей на работу гейзера. Магма поступает по плюму от горячей точки на границе земного ядра в течение многих миллионов лет более-менее равномерно и накапливается в огромной камере под земной поверхностью. Когда давление в камере превышает критический порог, крышка камеры разрушается и происходит огромное извержение. После этого требуются сотни тысяч лет, чтобы камера восстановилась и снова заполнилась.
2. Периодичность свойственна процессам, происходящим на Солнце. А также движению Солнца относительно галактической плоскости.
3. Периодичность свойственна движению небесных тел, в частности, астероидов. И хотя прохождение одного астероида около Земли дело слу-

чайное, в некоторых случаях это может проявляться. Например, если действительно существует гипотетическая Немезида — звезда-спутник Солнца на далёкой орбите, — то её периодические сближения с Солнцем могут вызывать шквал выпадения комет из облака Оорта.

4. Определённая периодичность присуща землетрясениям и связана с постепенностью накопления напряжения в земной коре вплоть до некоторого порога срабатывания. И хотя считается, что землетрясения в зонах субдукции (погружении плит одна под другую) имеют некоторый предел по энергии порядка 10–11 баллов (порядка 100 гига тонн тротилового эквивалента энергии), есть маргинальная теория о том, что более редкие, но более сильные события могут происходить в зонах спрединга в центре океанов, где плиты порождаются и расходятся. Энергия разрыва, как мы знаем на примере воздушного шарика, гораздо больше энергии деформации. Такие разрывы могут создавать цунами километровой высоты, которые уже могут приводить к утрате непрерывности цивилизации.
5. Периодичность, возможно, присуща и ледниковым периодам.
6. Земная атмосфера находится в метастабильном состоянии между полным замерзанием по модели Марса и необратимым парниковым эффектом, по типу Венеры. Несколько факторов работают на то, что она перекинется в состояние Венеры, и наихудший сценарий, который называют эксперты, требует всего лишь нескольких сот лет времени. Этот сценарий связан с тем, что водяной пар сам по себе — мощнейший парниковый газ, поэтому возможна положительная обратная связь: нагревание воды в океане — испарение — парниковый эффект — ещё большее нагревание. Быстрое вращение Земли, в отличие от медленного Венеры, не даёт этому эффекту сработать в полную силу, поскольку на ночной стороне вода остывает. Однако вращение Земли замедляется за счёт приливного действия Луны со скоростью порядка часа суток в несколько сот миллионов лет. На это накладывается ещё несколько факторов потепления: выделение углекислого газа при сжигании человеком ископаемого топлива, дегазация запасов метана в вечной мерзлоте Сибири, распад газовых гидратов в океанах и рост светимости Солнца. Хотя вклад этих факторов по отдельности невелик, вместе они могут перейти критическую границу самоусиления.
7. В некотором смысле к геологической катастрофе можно отнести и глобальную ядерную войну, поскольку относительно неё действуют те же вероятностные законы. Первая и единственная ядерная война

была в 1945 г. в Японии, с тех пор ядерной войны не было уже 62 года. Этот большой срок сам собой внушает людям успокоение. Однако даже ядерная война запускает эффект избранности наблюдателей — а именно, даже если бы средняя периодичность гибели цивилизации от ядерной войны была бы только 20 лет, то мы бы всё равно этого не заметили. Однако, если применить методологию Бострома из статьи «Насколько невероятна катастрофа судного дня», то с учётом того, что данный анализ мог бы быть проведён в произвольный момент после осознания ядерной опасности, а я провожу его через 62 года, — следует, что было бы маловероятно его проводить так поздно, если бы война случалась достаточно часто, что даёт нижний предел на частоту войны в 20 лет с достоверностью порядка 90 %, и в 10 лет — в 98 %. Но только при условии того, что вероятность войны распределена равномерно, и эта война означает полную гибель людей. Что в целом не верно.

Накопление количества плутония в мире и увеличение количества ядерных держав можно сравнить с ростом напряжения (как в земной коре перед землетрясением) и снижением критического порога срабатывания. С учётом этого снижения устойчивости можно сказать, что наихудшая оценка периодичности ядерной войны на данный момент — не менее 5 лет. Разумеется, это не означает, что её не будет в ближайшем году. И это гораздо хуже предварительной оценки в 60 лет, с которой мы начали.

8. Возможно, существует некий периодический природный процесс, который приводит к вымираниям живых существ раз в 65 млн лет (а также в 200 млн лет). Природа этого процесса, величина периода и сама его реальность вызывает у учёных споры. Подозревают конвекции в солнечном ядре, прохождение Солнца через рукав Галактики, пики активности земного ядра, волны выпадения комет, вызванные пролётами Немезиды или другими причинами и т. д. Почему-то не вызывает удивления, что оба срока уже подошли, и, может быть, даже просрочены.

Примером одновременного расползания жизненно важных параметров является человеческое старение, если рассматривать его не как результат генетической программы самоуничтожения, а как результат естественного отбора в ходе эволюции всех органов по времени службы, которое должно быть не менее некоторой величины — но не обязано её превышать. (Точно также все детали машины Жигули отобраны так, чтобы

средний срок службы их был не меньше, допустим, чем 50 000 км пробега, а Мерседеса — не менее 200 000 км).

Ещё пример эффекта избранности наблюдателей: каждый человек был настолько везуч, что именно его сперматозоид — один из 100 млрд — оплодотворил яйцеклетку. Но из этого не следует, что он наверняка выиграет хотя бы 100 рублей в рулетку. То есть сегодня «везучесть» закончилась. Точно так же наша цивилизация была настолько удачлива, что ей удалось прожить 75 000 лет без извержений сверхвулканов и других прерывающих событий. Дальше наше «везение» ничто не гарантирует. А вулканы, плюс к тому, всё это время копили силу.

Есть ли геологические процессы, о которых мы знаем, что они могут быть близки к катастрофическому завершению?

1. Вулкан Йеллоустоун. Три извержения с двумя промежутками между ними примерно в 600 тыс. лет и теперь ещё 600 тыс. лет прошло. Если так, то мы можем ожидать его взрыв в течение 100 000 лет. (При этом этот вулкан не угрожает нынешней цивилизации в той степени в которой, он угрожал ей, несколько сот лет назад, когда техника была слабее.) Но если его извержение как бы «оттягивалось» эффектом избранности наблюдателей (а именно, во всех альтернативных мирах, где он бы извергся, человеческая цивилизация бы сформировалась гораздо позже — или бы вообще не произошла) — то степень его зрелости, готовности к извержению, может быть гораздо большей.
2. Процесс разогрева Солнца. Не зная о нём, можно было бы сказать, что раз Солнце светит миллиарды лет, то оно и будет светить миллиарды лет. Об этом мы уже говорили.
3. Процесс смены магнитных полюсов планеты, который, возможно, всё более ускоряется. Есть предположение, что в момент переполусовки на Землю обрушится мощный поток космической радиации. Такие события уже бывали в прошлом (последний раз 700 000 лет назад), но неизвестно, каковы будут его последствия для цивилизации.
4. Есть гипотеза, что разрушение озонового слоя связано с выделением водорода и других газов в ходе процесса дегазации Земли [Сывороткин, 2001]. И что пики дегазации происходят циклически и связаны со смещением твёрдого земного ядра внутри жидкого, которое в свою очередь вызывается, по мнению Сывороткина, гравитационными нарушениями земной орбиты из-за пролёта небесных тел.

5. Необратимый парниковый эффект. Солнце никогда ещё не было столь ярко, а Земля не вращалась столь медленно. Плюс выделение парниковых газов, как человеком, так и из природы.

Наихудшим возможным следствием того, что антропоцентричный принцип нас «защищал» столь долго, может быть эффект «оттягивания резинки» — чем дольше её оттягиваешь, тем сильнее она затем стукнет. Этот эффект имел место в отношении природных катастроф в Йеллоустоунском национальном парке в США, когда там в течение многих десятилетий предотвращали естественно возникающие с определённой периодичностью лесные пожары. Это привело к накоплению огромного количества сухой древесины в лесах, что кончилось колоссальным пожаром, ущерб от которого превышал многократно ущерб от обычных пожаров. То же верно и для землетрясений: чем дольше его не было в определённой местности, тем большее напряжение коры накопилось. То же верно и для супервулканов — чем дольше накапливалась магма в котле, тем больше её накопилось. И если в силу неких случайных обстоятельств некий очень опасный для всей Земли процесс сдерживался и накапливал свою силу, то скорость его обратного разворачивания может быть устрашающей.

Неожиданным следствием рассуждений об усилении числа природных катастроф в будущем является то, что это даёт довольно призрачную надежду сделать наконец антропоцентричный принцип фальсифицируемым — т. е. верифицировать его научный статус.

Важно обратить внимание и на следующее: миллионы людей погибли в прошедшем столетии от различных геологических катастроф, тогда как от падения метеоритов и других космических событий — максимум единицы. Это говорит о том, что Земля, находящаяся у нас под ногами, в миллионы раз опаснее, чем небо над головой. И хотя обобщение этого наблюдения на угрозы существованию не вполне корректно, всё же это заставляет предположить, что риск гибели человечества от неких процессов внутри Земли гораздо выше, чем риск вымирания от космических событий.

Выводы

Консервативная позиция с точки зрения безопасности — это рассмотрение наихудшего возможного исхода. Для нас им было бы то, что наша цивилизация существует в промежутке затишья между несколькими периодическими процессами, угрожающими её существованию, при этом

длина этого затишья сопоставима с характерным временем периодичности этих процессов, что означает, что они уже начали завершаться. Особенно угрожают среди таких процессов ядерная война, необратимый парниковый эффект и супервулканы, однако могут быть и совершенно неизвестные нам процессы, проявление которых раньше было несовместимо с существованием наблюдателей.

И хотя, по мнению автора, эффект избранности наблюдателей не так страшен, как развитие биологического оружия, распространение ядерного и неконтролируемый искусственный интеллект, нельзя сбрасывать со счёта тот факт, что он вносит поправку в любые наши представления о будущем.

Литература

1. *Анисичкин В. О взрывах планет // 1998. Труды V Забабахинских чтений, Снежинск.*
2. *Биндеман И. Тайная жизнь супервулканов // 2006. В мире науки. N. 10. (<http://www.sciam.ru/2006/10/nauka1.shtml>)*
3. *Будыко М. М., Ранов А. Б., Янишин В. История атмосферы. Л., 1985*
4. *Еськов К. Ю. История Земли и жизни на ней. М., ИЦ ЭНАС, 2004.*
5. *Дробышевский Э. М. Опасность взрыва Каллисто и приоритетность космических миссий // 1999. Журнал технической физики. Т. 69. Вып. 9.*
6. *Зельманов А. Л. Некоторые философские аспекты современной космологии и смежных областей физики // Дialeктика и современное естествознание, М., 1970.*
7. *Казютинский В. В., Балашов Ю. В. Антропный принцип. История и современность // 1989. Природа. N. 1. (<http://vivovoco.rsl.ru/VV/JOURNAL/NATURE/OLD/ANTROP.HTM>)*
8. *Линде А. Д. Раздувающаяся Вселенная // Успехи физ. наук. 1984. Т. 144, Вып. 2.*
9. *Новиков И. Д., Полнарев А. Г., Розенталь И. Л. Числовые значения фундаментальных постоянных и антропный принцип // Изв. АН ЭССР. 1982. Т. 31, N. 3.*
10. *Сорохтин О. Г., Ушаков С. А. Развитие Земли. М: Изд-во МГУ, 2002.*
11. *Сывороткин Владимир Леонидович. Экологические аспекты дегазации Земли. Диссертация на соискание степени доктора геологических наук, М. 2001. 302 С.*
12. *Хаин В. Е. Разгадка, возможно, близка. О причинах великих вымираний и обновлений органического мира // 2004. Природа N. 6.*
13. *Шкловский И. С. Звёзды. Их рождение, жизнь и смерть. М., Наука, 1984.*
14. *Щербаков А. С. Антропный принцип в космологии и геологии // Вестник Московского университета. Серия 7. Философия. Номера журнала № 3/1999 С. 58–70*
15. *Bostrom N. and Tegmark M. How Unlikely is a Doomsday Catastrophe? // Nature, Vol. 438, No. 7069, С. 754, 2005. (пер. с англ. А. В. Турчина: Макс Тегмарк и Ник Бостром. Насколько невероятна катастрофа Судного дня? <http://www.proza.ru/texts/2007/04/11-348.html>)*
16. *Bostrom N. Anthropic Bias: Observation Selection Effects in Science and Philosophy New York: RoutLEDGe, 2002.*
17. *Bostrom N. Existential Risks: Analyzing Human Extinction Scenarios and Related Hazards. Journal of Evolution and Technology, Vol. 9, March 2002.*

18. *Cirkovic Milan M.* The Anthropic Principle And The Duration Of The Cosmological Past // *Astronomical and Astrophysical Transactions*, Vol. 23, No. 6, pp. 567–597, 2004.
19. *Elton, Gruber & Blake.* Survivorship Bias and Mutual Fund Performance, // *The Review of Financial Studies*, volume 9, number 4. 1996
20. *Gehrels Neil, Claude M. Laird, Charles H. Jackman, John K. Cannizzo, Barbara J. Mattson, Wan Chen.* Ozone Depletion from Nearby Supernovae // *The Astrophysical Journal*, March 10, vol. 585. 2003.
21. *Gott J. Richard.* Implications of the Copernican principle for our future prospects // *Nature*. 1993. Vol. 363, C. 315–319.
22. Health, United States, 2006. National Centre for health statistic, 2007
23. *Redelmeier D. A., Tibshirani R. J.* Why cars in the next lane seem to go faster // *Nature* 1999;401: 35–36. 1999.
24. *Ward P. D., Brownlee D.* Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe. NY, 2000.
25. *Yudkowsky E.* Cognitive biases potentially affecting judgment of global risks. Forthcoming in *Global Catastrophic Risks*, eds. Nick Bostrom and Milan Cirkovic, UK, Oxford University Press, to appear 2007 (русский перевод: Э. Юджковский. Систематические ошибки в рассуждениях, потенциально влияющие на оценку глобальных рисков. <http://www.proza.ru/texts/2007/03/08-62.html>)
26. *Knobe Joshua, Olum Ken D., Vilenkin Alexander.* Philosophical Implications of Inflationary Cosmology // *British Journal for the Philosophy of Science*
27. Интернет ресурсы: http://en.wikipedia.org/wiki/Survivor_bias