

ISSN 0233-3619

Индекс 39448



ЭНЕРГИЯ ENERGY

ЭКОНОМИКА • ТЕХНИКА • ЭКОЛОГИЯ

8'2023



ЖЕЛТЫЙ КАРЛИК,
КОТОРЫЙ СЪЕСТ ЗЕМЛЮ

ЭНЕРГИЯ ENERGY

ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

8'2023

Ежемесячный научно-популярный
и общественно-политический
иллюстрированный журнал
Издаётся с января 1984 г.

© Российская академия наук, 2023
© ФГБУ "Издательство "Наука", 2023
© Составление. Редколлегия журнала
"Энергия: экономика, техника,
экология", 2023

Андрей МОРОЗОВ

Жёлтый карлик, который съест Землю

2

Андрей ВАГАНОВ

Из истории борьбы за технологический суверенитет
в России

7

Л.П. КЛЕЕВА

Отрасли экономики знаний как фактор
развития отечественной науки

14

П.П. НАУМОВ

Система комплексного мониторинга окружающей среды –
основа современной стратегии устойчивого развития

26

Н.Н. ПРОХОРЕНКО

Пыль в технологиях – проклятье или ресурс

35

Б.В. НИКИФОРОВ

Надёжность гребных электрических установок

42

В.А. БУТУЗОВ, Е.В. БРЯНЦЕВА

Традиции научных школ геотермальной энергетики России

50

Екатерина КСЕНОФОНТОВА

Экологичность национальных жилищ

58



ЖЁЛТЫЙ КАРЛИК, КОТОРЫЙ СЪЕСТ ЗЕМЛЮ

Андрей МОРОЗОВ

DOI: 10.7868/S0233361923010081

По принятой астрономической классификации, наше Солнце относится к звёздному классу “жёлтые карлики”: масса этих астрономических объектов от 0.8 до 1.2 массы Солнца, а температура поверхности 5000–6000 градусов по Кельвину. Вроде, не такие уж и астрономические... и тем не менее наш родной жёлтый карлик “зажигает”...

Солнце испаряет на Земле за одну минуту миллиард тонн воды. Каждый грамм водяного пара уносит с со-

бой 537 кал (2265 Дж) солнечной энергии. А её количество, достигающее поверхности Земли каждые 72 часа, эквивалентно всей энергии, сосредоточенной в мировых запасах угля, нефти и природного газа.

Самые мощные вспышки, наблюдаемые на Солнце, выбрасывают за несколько минут в открытый космос до триллиона мегатонн в тротиловом эквиваленте. Это примерно пятая часть энергии, излучаемой Солнцем за одну секунду, и вся – которую выработает

человек за миллион лет (при условии её производства современными темпами).

На долю Солнца приходится 99.8% массы всей Солнечной системы. Внутри Солнца может поместиться 1.3 млн планет, таких, как Земля.

Кстати, возраст Солнца – около 4.6 млрд лет. Время жизни типичных жёлтых карликов оценивается в 10 млрд лет. Но это ещё не конец. А конец будет примерно такой...

В одном из недавних выпусков журнала "Nature" опубликована статья группы астрономов из Массачусетского технологического института (США). Учёные впервые непосредственно смогли отследить процесс поглощения планеты её звездой. Произошло это грандиозное событие, можно сказать, в непосредственной близости от нашей Солнечной системы, на расстоянии 15 000 световых лет: умирающая звезда стала настолько большой, что поглотила планету размером примерно с Юпитер.

"Полученные данные являются недостающим звеном в понимании того, как работают солнечные системы, – пишет обозреватель издания "The Wall Street Journal" Джозеф Пизани (Joseph Pisani). – Согласно исследованию, авторами которого являются исследователи из нескольких университетов, опубликованного в журнале "Nature", это также даёт подсказки о возможной судьбе Земли, которая, как ожидается, будет съедена Солнцем через миллиарды лет".

Если говорить в стилистике чёрного юмора, то это означает, что землянам удалось наблюдать смерть собственной планеты. Произойдёт это, правда, через такие промежутки времени, которые человеческое сознание лишь

с трудом может воспринять. Впрочем, по космическим масштабам, и это покажется мгновением.

Руководитель исследования Кишалай Де (Kishalay De) рассказал, что наткнулся на эту космологическую картину около трёх лет назад. Причём наткнулся на снимках астронома-любителя из Сан-Диего, который фотографировал звёздное небо через обыкновенный школьный телескоп. По словам астрофизика, сначала это напоминало взрыв новой звезды: яркость невероятно возрастает, когда одна звезда "засасывает" материю от другой. Эдакий звёздный каннибализм – картинка, которая уже не является редкостью для астрономов.

Однако дальнейшее изучение, наблюдение и моделирование происходящего процесса уже профессиональными астрономами и космологами показали, что мы стали свидетелями совсем другого феномена.

В течение нескольких месяцев по видимому краю звезды как бы скользила по сужающейся спирали... планета. В итоге планета буквально "нырнула" в центр поглотившей её звезды. Звезда расширилась от такой добавки в свой рацион и целую неделю светила в 100 раз ярче обычного.

"Та же участь ожидает и Землю, – рассказывает Морган Маклеод (Morgan MacLeod), ещё один соавтор исследования, научный сотрудник Гарвардского университета. – По мере того, как Солнце стареет и становится больше, оно поглотит Меркурий и Венеру, две ближайšie к нему планеты. Затем наступит очередь Земли стать закуской".

Заметим, что этот процесс разбухания нашего светила идёт по мере истощения главного топлива в термо-

ядерной топке Солнца – водорода. Солнце ежесекундно расходует на тепло и свет 4200 тонн своего вещества. За сутки его масса уменьшается почти на 400 млрд тонн!

В итоге это приведёт к необратимому процессу превращения нашей звезды из заурядного жёлтого карлика – в красного гиганта.

Самое обидное для нас, землян, что это расширение нашего светила остановится как раз в пределах орбиты Земли, остальных планет Солнечной системы это расширение вряд ли достигнет. Впрочем, успокаивает Морган Маклеод: произойдет это примерно через 5 млрд лет. (По другим оценкам – через 6 млрд лет.) К тому времени Земля станет непригодной для жизни, потому что растущее Солнце испарит всю воду на нашей планете.

Действительно, согласно другим оценкам, уже через миллиард лет мощность излучения Солнца вырастет на 10%, что приведёт к росту температуры на поверхности Земли на 40–50 градусов; скорее всего, испарится вся водная оболочка планеты. Земля станет одной огромной баней. Но от протоплазмы не так-то легко отделаться: какие-то остатки примитивной органической жизни сохранятся на Земле ещё и через 2.8 млрд лет.

В промежутке между этими двумя космологическими событиями – испарением гидросферы планеты и превращением Солнца в красного гиганта – ожидается событие совсем циклопического масштаба. Через 4 млрд лет наша галактика Млечный путь столкнётся с галактикой Андромеда – прямо сейчас сближение происходит со скоростью 110 км/сек. В результате ро-

дится новая галактика. Но вот в этом-то как раз нет ничего удивительного, если учесть, что помимо сближения с галактикой Андромеды Солнце движется относительно ближайшей звезды со скоростью 20 км/с. Вместе с другими звёздами Солнце вращается вокруг центра нашей галактики Млечный путь со скоростью около 300 км/с. Галактика, в свою очередь, вместе со скоплениями других галактик участвует в общем расширении Вселенной после Большого взрыва (происшедшего примерно 13.4 млрд лет назад)... Но в отличие от нашей спиральной галактики новая образовавшаяся галактика (Млечномеда) может быть и эллиптической формы – это будет важным эпизодом космической эволюции. В новорожденной галактике обязательно найдутся обитаемые звёздные системы. Другой вопрос – кто их будет населять?

Возможно, потомкам землян придётся наблюдать за этой космической коллизией уже совсем из других галактических глубин или даже пространственно-временных измерений. И это ещё – оптимистический сценарий.

Повторим, по любым человеческим меркам до этого ещё далеко. Очень далеко. Очень-очень далеко... Но физики, космологи и футурологи основные этапы этой звёздной судьбы человеческой цивилизации уже обозначили. Кратко пробежимся по ним, проставим в наших настольных календарях эти даты.

3023 год. В прах превратятся последние небоскрёбы, мосты и дамбы нашей эпохи. Но треть выброшенного в атмосферу до 2100 года углекислого газа ещё сохранится. Его структура разрушается куда медленнее.

4023 год. Растает ледяной щит Гренландии – при условии продолжения роста температуры. Такой объём талой воды увеличит уровень моря на 6 метров.

4395 год. К нам снова прилетит “Большая комета 1997 года” – легендарная комета Хейла–Боппа. Многие считали, что она испепелит мир, окажется кораблём пришельцев или станет предвестником апокалипсиса.

10 023 год. Люди остаются одной из самых выносливых рас Земли. В этот год человеческая цивилизация удвоит срок своего существования. Но к этому моменту 14% сегодняшних выбросов углекислого газа будут по-прежнему аккумулированы в атмосфере планеты.

12 023 год. Не останется ни одного из слов на существующих ныне языках. Лингвистическая эволюция изменит мир сильнее генетической.

15 023 год. Изменится наклон земной оси. Это приведёт к резкому потеплению в Северном полушарии. Тогда станут возможны тропическая Сибирь, якутские джунгли и покрытая барханами Скандинавия.

20 000 год. Чернобыльская АЭС потеряет последние остатки радиоактивности.

20 860 год. Человечество получит ответ на радиосигнал иным цивилизациям, отправленный 16 ноября 1974 года из обсерватории Аресибо в звёздное скопление M13 – предполагается, что именно там самые подходящие условия для возникновения разумной жизни.

100 023 год. Движение Земли приведёт к полному изменению звёздного узора над головой. Примерно тогда же взорвётся и превратится в сверхновую

самая яркая звезда Млечного пути – красный гигант VY Большого Пса.

500 023 год. Весь использованный в наши дни плутоний потеряет радиоактивность. Планета подвергнется астероидному дождю.

1 млн лет спустя. Взорвётся звезда Бетельгейзе – красный гигант из созвездия Орион. Вспышка будет видна невооруженным глазом.

5 млн лет спустя. Окончательно деградирует и исчезнет мужская Y-хромосома. Она и сейчас-то – самая маленькая в геноме человека. То есть через 5 млн лет мужской род прекратит существование на генетическом уровне.

7.2 млн лет спустя. Эрозия разрушит даже пирамиды и горы нынешней эпохи.

10 млн лет спустя. Сверхновая звезда в созвездии Компаса, T Pyxidis, вспыхнет как свечка всего в 3260 световых годах от Земли. Это приведёт к бомбардировке нашей планеты гамма-излучением столь мощным, что спастись смогут лишь единицы в особо защищенных убежищах.

50 млн лет спустя. В континент Евразия врежется Африка, что приведёт к запечатыванию Средиземного моря и рождению новой горной цепи выше Гималаев. Тогда же сольются Австралия с Индонезией. Также растают льды Антарктики, что может привести к полному затоплению планеты – уровень моря вырастет на 75 метров.

65 млн лет спустя. Согласно теории “Большого краха”, Вселенная перестанет расширяться. Но это только версия.

100 млн лет спустя. Земля, скорее всего, будет на месте.

200 млн лет спустя. Орбита Земли изменится настолько, что земной

день станет длиннее – в нём уместится 25 часов.

600 млн лет спустя. Гравитация Земли оттолкнет Луну так далеко, что солнечное затмение станет невозможным. Тогда же атмосфера изменится настолько, что прекратится процесс фотосинтеза, благодаря которому сегодня существует 99% всей органической жизни, включая почти все растения.

2.3 млрд лет спустя. Замёрзнет ядро Земли – жидкий металлический шар в её центре. Остывшее ядро перестанет двигаться, исчезнет магнитное поле планеты и пропадёт ещё остававшаяся защита от космических излучений.

5.4 млрд лет спустя. Солнце истощит своё главное топливо – запасы водорода. Это приведёт к необратимому процессу превращения звезды в “красного гиганта”.

8 млрд лет спустя. Солнце превзойдёт свой нынешний размер в 256 раз и превратит в облако угольков Меркурий, Венеру и, возможно, Землю. А ещё через 100 млн лет Солнце само превратится в угасающего “белого карлика”.

15 млрд лет спустя. Температура и яркость Солнца упадёт до уровня звезды класса “чёрный карлик”.

20 млрд лет спустя. Произойдёт Большой разрыв, вызванный расширением Вселенной – оно ускорится настолько, что разрушит гравитационные связи между атомами. Это приведёт к гибели всех структур, включая звёзды, планеты и даже фундаментальные частицы, составляющие материю. Буквально: исчезнет плоть бытия.

100 млрд лет спустя. Начнётся слияние всех галактик, входящих в Местную группу – в ней находится и наша

галактика. Займёт этот процесс всего-то триллион лет...

Но и это ещё далеко не конец истории.

Примерно, через **100 трлн лет** погаснут последние звёзды во Вселенной (красные карлики). Через квадриллион (10^{15}) лет планет больше не будет, через 10 квадриллионов лет нейтронные звёзды и карлики сольются со сверхмассивными чёрными дырами. Последние прекратят своё существование в результате так называемого излучения Хокинга через примерно 10^{99} лет.

Здесь самое время остановиться и предоставить место диалогу двух персонажей из романа “Схизматрица” (1985) известного американского футуролога, писателя-фантаста Брюса Стерлинга. Разговор идёт между космическим бродягой по имени Линдсей и некоей волновой субстанцией-существом, которое в романе названо *присутствие*.

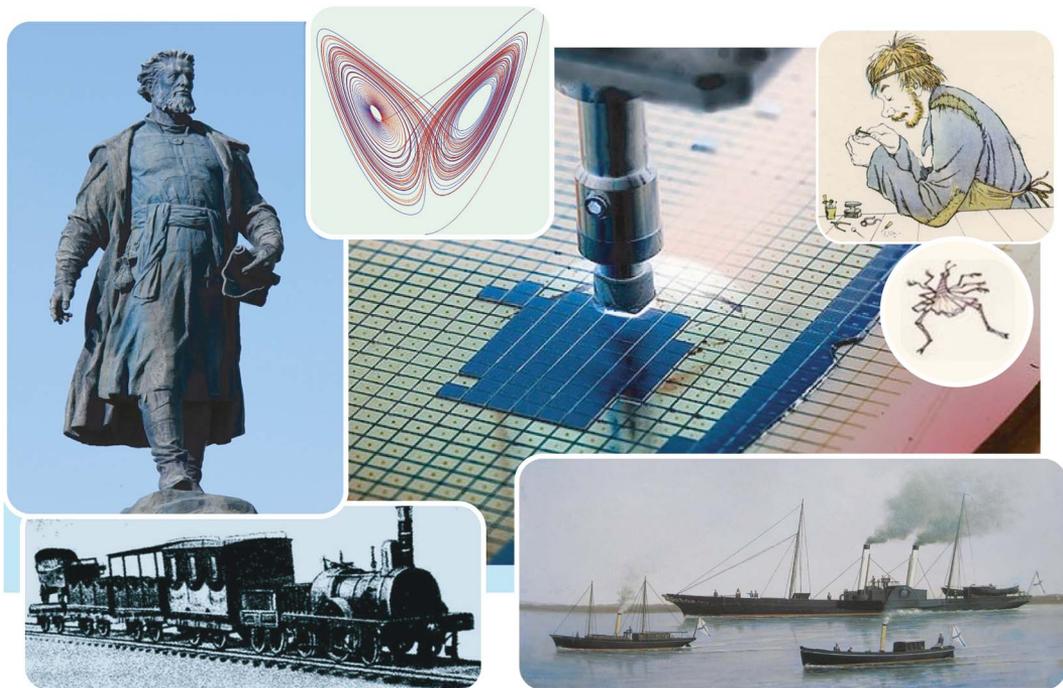
– Так чего же ты хочешь, *присутствие*?

– Того, что у меня есть! Вечности, полной чудес. И даже не вечности, а неопределённой длительности, в ней-то самый и кайф. Подожду тепловой смерти Вселенной и погляжу, что будет потом! А всё, что произойдёт тем временем, – это же кое-что!

– Да, – согласился Линдсей; сердце его молотом колотило в рёбра. Робот снова потянулся к ноге иглой с успокаивающим, но Линдсей со смехом выключил её и выпрямился. – Это кое-что!

– Я прекрасно провёл здесь время, – сказал *присутствие*. – Неплохое у вас тут местечко, под этим маленьким солнышком.”

Но пока полёт нашего жёлтого карлика проходит нормально!



ИЗ ИСТОРИИ БОРЬБЫ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ В РОССИИ¹

Андрей ВАГАНОВ

DOI: 10.7868/50233361923020088

В современной России начало борьбы за технологический суверенитет принято отсчитывать с начала 2000-х годов, когда ряд экспертов и политиков обратили внимание на зависимость от зарубежных технологий, особенно в информационной

сфере. Одним из ключевых событий стал скандал с продукцией компании Huawei, которая была запрещена для использования военными и правительственными структурами США из-за подозрений в шпионаже. Это подтолкнуло российских политиков к более жёсткой политике в отношении использования зарубежных технологий.

¹ Окончание. Начало см. в № 7, 2023.