

Рецензии Физики о будущем: альтернативы

А.В.Бялко,

доктор физико-математических наук
Институт теоретической физики им.Л.Д.Ландау РАН
Москва

Вспомним пушкинское описание Петра под Полтавой: «Лик его ужасен. Движенья быстры. Он прекрасен». Нечасты такие совмещения противоположностей, тем более они интересны. Книга «Физика будущего» американско-японского популяризатора науки М.Каку (Michio Kaку) невольно напоминает «полтавский бой», где надежды сбылись только у половины участников.

Начнем, конечно, с прекрасного. Книга посвящена анализу перспектив начавшегося XXI в., она увлекательна и современна. Издана она в начале прошлого года, в ней уже анализируются последствия текущего финансового кризиса. Выйди книга чуть позже, трагедия Великого Японского землетрясения марта 2011 г. добавила бы к ней пессимистическую ноту, что пошло бы ей только на пользу. Примечательна скорость перевода для русского издания, подписанного к печати в октябре 2011 г. Отмечу грамотные примечания переводчика, несколько охлаждающие воображение писателя.

Кругозор автора необычайно широк, увлекателен полет его мысли, книга затрагивает не только физические проблемы, но и буквально все аспекты будущего, как ближайшего, так и отдаленного. Это искусственный интеллект (с использованием обычных и квантовых компьютеров), это прогресс медицины, разнообразные энергетические проекты, освоение кос-

моса — от планет до ближайших звезд... Проще, наверное, указать то направление науки и технологии, которое книгой не охвачено. В качестве такого примера можно назвать физику Солнца: представления о солнечных циклах, солнечной активности далеки от необходимой предсказуемости, а влияние Солнца на нашу планету нельзя недооценить.

Как же автору удалось объять поистине необъятное? Он физик-теоретик, ученик Э.Теллера, создавшего американскую водородную бомбу. Сам профессор Каку — специалист по теории струн — так называется один из современных, но незавершенных подходов в создании единой теории поля. В русском переводе опубликована его книга «Введение в теорию суперструн» [1].

Прогноз на десятилетия вперед — это сложная и в некотором отношении опасная задача: ученый, взявшийся за нее, рискует своим авторитетом. Раньше разумные картины грядущего рисовали писатели: Жюль Верн, Артур Кларк, Айзек Азимов, Станислав Лем... Почему теперь над будущим задумался физик? В этом есть своя логика: математический аппарат, «оружие» теоретика, помогает ему заглянуть вперед во времени. При этом надо иметь в виду, что вероятность предсказаний быстро убывает с длительностью прогноза.

В книге «Физика будущего» есть утверждение: «Ни одна научная разработка из упомянутых в книге не противоречит известным законам физики».



М.Каку. ФИЗИКА БУДУЩЕГО.
Пер. с англ. Н.Лисова.

М.: Альпина нонфикшн, 2012.
584 с.

Это почти верно, большинство предвидений автора теоретически осуществимы. Тем не менее есть в книге и одна физическая ошибка — это проект космического лифта. Эта тема не столь уж важна для будущего цивилизации, но автору она дорога как композиционная магистраль всего труда. Развив ее предпосылки в главе «Будущее космических путешествий», он завершает книгу описанием подъема с женой на лифте в ближний космос, давая попутно прекрасный (и невесомый) обзор планеты будущего. Подробный анализ этой идеи даст возможность высветить недостатки ряда других прогнозов, безошибочных с точки зрения физики, но малореальных по иным причинам.

Космический лифт невозможен

Что же такое космический лифт? В его стандартном варианте предлагалось построить башню — такую высокую, чтобы центробежное ускорение ее вершины стало больше ускорения свободного падения. Начнем строить ее, скажем, на пятикилометровой вершине Килиманджаро, где земная сила тяжести минимальна, и попробуем дотянуться до высоты геостационарной орбиты, 36 тыс. км, а для большей устойчивости еще выше. Дальше все просто: поднимаемся по ней в лифте, затрачивая энергию только на преодоление гравитации. Экономия по сравнению с ракетным запуском кажется колоссальной.

Возможен ли такой проект? Согласимся: будучи построенной, такая башня не упадет от атмосферных возмущений, поскольку растяжение обеспечит устойчивость. Но без всяких расчетов очевидно, что башня упадет, еще не выйдя из атмосферы. Автор честно говорит, что сегодня еще не создан такой легкий и прочный материал, чтобы он выдержал возникаю-

щие напряжения. Но принципиально-то нужный материал ведь может быть создан, на молекулярном уровне микроскопические углеродные нити формально имеют нужное отношение прочности к плотности. Так зачем же тормозить полет фантазии? Она вдохновляет молодежь на мозговой штурм, глядишь, что-нибудь еще толковое изобретут. Изобрели: показали, что лифт лучше строить с космической орбиты вниз, тогда его общая масса окажется меньше. Правда, всю ее придется отправить в космос обычными ракетами. Мелочь?

Никогда не будет построена ни «вавилонская» башня, ни лестница с неба на землю. Дело не в отсутствии сегодня нужного материала, а в том, что общая масса лифта в обоих вариантах оказывается невероятно большой. Пусть масса человека вместе с лифтом всего 100 кг, а сверхпрочная нить, по которой он собирается подниматься, имеет диаметр всего 1 мм. Но 300 км крепчайшей углеволоконной нити по массе добавят еще минимум 100 кг, значит, ее сечение на этой высоте придется увеличить вдвое. И каждые следующие 600 км диаметр нити должен возрастать вдвое — зависимость будет экспоненциальной*. На высоте геостационарной орбиты это окажется уже не нить, а ствол толщиной в десятки или даже сотни километров! И вся эта миллиардно-

* Для каждого материала существует параметр размерности длины — это отношение его предельной прочности σ к произведению плотности ρ на g , ускорение свободного падения: $L = \sigma/\rho g$. Для существующих материалов этот параметр максимален для углеволоконных нитей: $L = 300$ км. Зависимость сечения космического лифта от его высоты h оказывается пропорциональной экспоненте $\exp(h/L)$, также будет нарастать и его масса. Даже если удастся создать материал, у которого параметр L окажется в 10 раз большим, сечение лифта при достижении высоты $h = 40$ тыс. км возрастет в 600 тыс. раз!

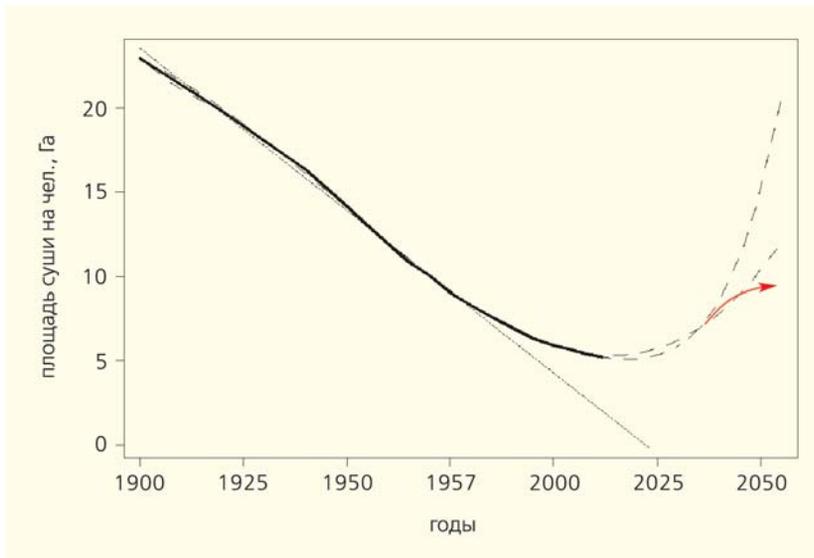
тонная конструкция сделана из материала, стоимость которого сравнима с алмазом, а ее еще надо ракетами запустить в космос и там собрать, соединить. Невозможны такие затраты в XXI в., и никогда они не будут возможны по той простой причине, что экономия на подъеме в космос несравнима с капитальными затратами.

Но просчет профессора Каку — не только в экономической несообразности. Есть в этом проекте и физическая ошибка. Лунные приливы на высоте геостационарной орбиты будут в шесть раз сильнее, чем на поверхности планеты, и, хуже того, эта приливная сила переменна. Она будет дважды в сутки то прижимать колоссальное строение к Земле, изгибая его, то растягивать с такой силой, что разрыв космического лифта станет неминуем.

Проект космического лифта — это лишь безвредное баловство фантазии, в чем же тут проблема? Не напрасно ли обвинение? Пример был показателен: автор пренебрег экспонентой (о которой, конечно, знал) ради красивого завершения книги. Но, прежде чем показать, что и в некоторых других направлениях вероятность прогнозов, очерченных автором, не так уж велика, надо рассказать, почему будущее вообще можно предвидеть и на какие промежутки времени можно реально предвычислить наши перспективы.

Три представления о будущем, три основания для них

Есть три расхожие мнения о будущем: консервативное — «завтра будет как сегодня, а лучше бы, как вчера»; прогрессивное — «прогресс человечества неотвратим»; и, наконец, алармистское — «скорая катастрофа неминуема». У каждого из этих прогнозов есть своя логика. Поясним.



Площадь суши, приходящаяся на одного человека. Жирная кривая — фактические данные; точечная прямая построена по данным с 1900 по 1975 г., она соответствует гиперболическому росту численности; штриховые кривые — экстраполяции фактических данных полиномами 4-го и 6-го порядков; кривая со стрелкой качественно демонстрирует переходный процесс, выводящий удельную площадь суши на некоторый стабильный уровень.

У будущего много составляющих, часть их плохо предсказуема или вообще случайна. Например, пока неотвратимы крупнейшие землетрясения. Падение на планету крупного астероида можно предсказать, но технологии предотвращения катастрофы пока нет. Эти проблемы подробно освещены в книге. Есть, однако, несколько направлений развития, которые инерционны, они не могут изменяться быстро и неожиданно. По крайней мере три таких аспекта будущего очевидны. Это климат планеты, численность мирового населения и сумма накопленных знаний. Эти величины достаточно хорошо измеримы, можно указать характерные времена их инерционности, но история их прошлых изменений радикально различается.

Климат менялся незначительно на протяжении последних 6 тыс. лет, то есть примерно за все время существования письменности, за все время нашей цивилизации. Да, случались его заметные вариации: климатический оптимум, малый лед-

никовый период. Но по сравнению с настоящими ледниковыми периодами эти отклонения были того же масштаба, что и сезонные изменения погоды. Поэтому в исторической перспективе они и воспринимаются как погодные: климат также подвержен колебаниям. И это тоже верно, его малые возмущения релаксируют в течение нескольких сот лет. Отсюда следует консервативное отношение к будущему климату: «Потепление непременно сменится похолоданием, все вернется на круги своя». Такая точка зрения отражена, например, в статье академика В.М.Котлякова [2].

Рост числа людей на Земле зависит от уровня рождаемости, который меняется медленно, а существенное убывание народонаселения в истории было связано с пандемиями, а отнюдь не с войнами. Благоприятный климат обеспечил очень быстрый рост численности людей на планете $N(t)$. Со времен Древнего Рима, когда исторические данные уже позволяют оценить число людей на Земле, вплоть до

80-х годов прошлого столетия (за вычетом периода Великой чумы XIV в.) народонаселение мира росло примерно по гиперболе $N(t) = \text{const}/(t_0 - t)$. Не будем пытаться объяснить этот удивительный факт, отмеченный впервые Х. фон Ферстером, но подумаем над его последствиями. Прежде всего отметим, что асимптота $t_0 = 2025$ г. очень близка к настоящему моменту, и уже это обстоятельство заставляет настороженно смотреть в самое ближайшее будущее. Это одна из причин алармистских прогнозов. Но не единственная.

График $N(t)$ анализировать трудно, поэтому построим зависимость от времени площади суши, приходящейся на одного человека, — исторически она убывала линейно. Естественно, эта удельная площадь не может дойти до нуля, поскольку число N не может стать бесконечным. Она стала заметно отклоняться от линейного закона за одно-два поколения до критического момента t_0 . Глядя на степенные экстраполяции, можно прийти к выводу, что очень скоро, уже в 20-х годах XXI в. численность мирового народонаселения пройдет свой максимум и станет убывать.

Общепринятое утверждение относительно будущей численности народонаселения состоит в том, что она должна выйти на некоторый постоянный уровень в районе 10 млрд человек. Профессор Каку спокойно повторяет это мнение. Возможно, возможно. Но переходный процесс ухода от экспоненциального и даже гиперболического роста к постоянному уровню с большой вероятностью требует прохождения через максимум. В этом также проявилось недостаточное внимание автора к экспоненциальной зависимости, аналогичное космическому лифту.

Есть важное психологическое следствие изменения закона роста численности. Подумаем, какой стресс у людей должна вызвать такая резкая смена обычаев. Впрочем, тут можно не

фантазировать, а посмотреть на китайцев, которые с начала 80-х годов с трудом переходят от многодетной семьи к семье с одним ребенком. Впрочем, рост населения Китая отнюдь не стал отрицательным, он только замедлился.

Наконец, благосостояние человечества зависит от развития техники, иначе говоря, от суммы накопленных знаний, определяющей технический прогресс. (И то, и другое монотонно возрастало всю историю цивилизации.) Не будем численно его оценивать, отметим лишь, что сумма накопленных знаний, очевидно, росла не медленнее, чем численность человечества. Благосостояние не может расти очень быстро, поскольку освоение новых технологий требует времени и капиталовложений на протяжении нескольких десятилетий: инерционность технологий того же порядка, что и численности человечества. Тысячелетний рост научных знаний, обеспечивающий новые технологии, психологически обуславливает прогрессивный прогноз будущего. На нем, собственно, и построена вся книга. Очень хочется верить в эту благостную картину развития цивилизации. Но червь сомнений не дремлет...

Возможно ли завершение прогресса?

Вернемся к климату. Профессор Каку признает, что с физической точки зрения потепление климата неизбежно, он рассматривает возможные способы понижения выбросов диоксида углерода. Но важность последствий им недооценивается, основное внимание обращается на последующее повышение уровня океана. Действительно, вследствие

высокой теплоемкости воды и медленного таяния ледников Антарктиды и Гренландии существенное повышение уровня откладывается к концу текущего столетия. Это обстоятельство связано с тем, что инерционность климата, характерное время его релаксации существенно больше, чем время смены поколений, оно имеет порядок 1 тыс. лет. Но в медленности реакции океана скрыта грозная опасность: когда придет ее осознание, исправить положение окажется намного труднее. Надо иметь в виду, что нарастающее потепление, которое к середине века может достичь уже 1.5—2.5°, ускорит возможное снижение численности населения планеты вследствие возрастающей вероятности пандемий при заметном росте температуры.

Что следует делать, чтобы предотвратить неконтролируемое потепление климата? В книге профессора Каку перечислены некоторые методы, например искусственное увеличение альбедо (отражательной способности планеты). Они не ликвидируют источник потепления — сжигание ископаемых топлив. Упование автора книги на то, что климатические проблемы решатся сами собой, если в некотором далеком будущем мир перейдет на экологически чистую термоядерную энергетику, по меньшей мере, наивно: то, что не удалось за 60 лет исследований, вероятно, не осуществится никогда.

Что же делать? Прежде всего, нужно прекратить добычу угля — наиболее вредного из ископаемых топлив. Затем расходовать нефть только для химического производства, а для выработки электроэнергии и отопления использовать газ и атомную энергию. Только при выполнении этих условий в течение двух-

трех десятилетий можно будет перейти к убыванию концентрации диоксида углерода, но рост температуры, скорее всего, окончится еще не скоро. Перестройка энергетики обойдется очень недешево, поэтому о привычном экономическом прогрессе придется забыть примерно на полстолетия. Возможно, текущий экономический кризис — лишь предтеча тяжелых решений. Взгляд профессора Каку на дальнейшее развитие экономики вполне традиционен: нынешний кризис сменится ростом, и так далее цикл за циклом. Что ж, прогнозы — занятие неблагодарное, ошибки запоминаются, успешные догадки становятся расхожей истиной.

Кроме естественных источников для прогнозов разных направлений существуют и психологические причины. Отвлечемся ненадолго. Вспомним, как говорил М.Булгаков устами постигнутого недугом Ивана Бездомного: «Надо признаться, что среди интеллигентов тоже попадаются умные люди. Это отрицать нельзя». Эти слова относятся к еще одному однофамильцу композитора, описанному в романе Булгакова, — профессору Стравинскому — его судьба там была более предсказуемой. Я вспомнил эту симметрию потому, что, и мой учитель, академик И.М.Халатников, подобно Теллеру, учителю профессора Каку, внес заметный вклад в теорию ядерного взрыва. А развивались наши страны очень по-разному. После кризиса 30-х годов Америка неуклонно шла по пути прогресса, Россия же переживала непредсказуемые последствия благих намерений «кремлевских мечтателей». Возможно, поэтому и наше отношение к будущему различается так же, как американский оптимизм разнится с российской настроенностью. ■

Литература

1. Каку М. Введение в теорию суперструн. М., 1999.
2. Котляков В.М. История климата Земли по данным глубокого бурения в Антарктиде // Природа. 2012. №5. С.3—9.