

III. КОСМИЧЕСКАЯ ФАЗА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ИСТОРИИ

11

Космическая эволюция

Э. Чейсон

Об историках

Несколько лет назад, обедая с коллегами в Гарварде, я услышал за соседним столиком спор ученых. Именитые историки выясняли отношения по пустячному вопросу своей многовековой уважаемой науки, а именно: кто из них дальше уходит в прошлое? Эксперт в области греко-римской истории утверждал, что его предмет изучает события, произошедшие по меньшей мере несколько тысяч лет назад. Египтолог сказала, что ее дисциплина исследует историю гораздо более раннюю, возможно, даже на тысячу или более лет предшествующую грекам. А специалист по Шумеру пытался козырнуть тем, что его предмет – события еще более ранние, происходившие примерно 7 тыс. лет назад.

Они все более возбужденно перебрасывались аргументами, а я не смог удержаться и вмешался в их спор. Мое вторжение не было оценено по достоинству, так как с какой стати я, ученый-естественник, имею сказать хоть что-нибудь полезное или интересное для историков. Когда же я заявил, что, будучи астрофизиком, смотрю в космос и, следовательно, в глубь веков, и что я и есть «настоящий историк», чьи исследования уходят в прошлое практически к началу времен примерно 14 млрд лет назад, коллеги очень расстроились. Их аргументы теперь оказались бессмысленными, а предмет изучения их науки – всего лишь минутой в масштабе всей истории. И с тех пор по крайней мере один из тех историков перестал со мной разговаривать.

Об ученых, занимающихся Большой историей

Недавнее появление нового и интересного предмета – Большая история – вывело на первый план плеяду доброжелательных и интересных ученых-историков. Их история вдохновляет, мировоззрение у них необычайно широкое, они открыты для новых идей, важнейших идей в областях, находящихся за пределами их собственной сферы деятельности. Ученые, занимающиеся проблемами Большой истории, помогают понять, что история в целом включает множество разнообразных, но все же взаимосвязанных событий, произошедших задолго до того, как они были описаны в письменной истории, и часто относящихся практически к началу времен. Это совсем не означает, что я согласен со всеми утверждениями и суждениями ученых, занимающихся Большой историей. Как ученый-естествоиспытатель, я порой довольно прохладно отношусь к подобным субъективным исследованиям. Дело в том, что меня учили другим методам исследования, в которых особое значение имеет объективность. Моя научная работа должна быть подтверждена эмпирическими данными или, по крайней мере, основываться на утверждениях, которые можно проверить экспериментально или наблюдением. Скептицизм и беспристрастность – вот мои основные убеждения.

И тем не менее меня восхищает сам факт появления Большой истории, специалисты в этой области могут и готовы преодолевать междисциплинарные границы, а сам предмет назван просто, четко и непретенциозно. Изучая события прошлого, которые

Универсальная и глобальная история 197–207

привели к появлению человечества на Земле, к появлению самой Земли среди звезд и галактик, ученые, занимающиеся Большой историей, обращаются к природе. Разумеется, Большая история вначале так и называлась – естественная (натуральная) история, и ее обычно определяли как «изучение естественных объектов и их эволюции, происхождения, характеристик и взаимодействия». И поскольку я всегда считал естественную историю в широком смысле длительным и продолжающимся нарративом от ранней Вселенной до наших дней, включающим не только происхождение и эволюцию широкого спектра систем и структур, но и объединяющим многие из них во всеобъемлющую интеллектуальную концепцию, интуитивно я положительно отношусь к важной работе в области Большой истории.

Вместе с тем исследования ученых даже в области Большой истории имеют определенные ограничения. Большая история, часто характеризуемая как «история человечества в более широком контексте» (Christian 2004) или «подход, в рамках которого история человечества изучается в контексте космической истории» (Spier 2010), имеет дело главным образом с извилистыми космическими тропами, ведущими конкретно к людям на планете Земля. По сути, эта наука в основном занимается изменениями, которые (в обратном порядке) привели к появлению человечества, Земли и Солнца, Млечного Пути. Другим же галактикам, звездам или планетам на всем протяжении немыслимо огромной Вселенной уделяется довольно мало внимания, поскольку цель Большой истории – представить человечество как таковое в более широкой космической перспективе. Более того, от специалистов в области Большой истории особенно и не требуется рассуждать о предметах, для которых в математической науке сегодня нет эмпирически подтвержденных данных (Penrose 2010; Greene 2011), например о множественности галактик в макромасштабах немыслимо больших, чем те, которые осмыслены большинством физиков сегодня; о теории струн или дополнительных измерениях на микроуровне в двадцать раз меньшем, чем мы можем сегодня измерить; и меньше всего о том, что мы и все вокруг являемся киберпространственным воплощением в чужеродной компьютерной симуляции, управляющей бесконечными параллельными мирами и предполагающей, что все истории, которые только можно вообразить, уже где-то происходят и, возможно, даже повторяются повсеместно неограниченное число раз.

Этими оговорками я ни в коем случае не хочу преуменьшить роль Большой истории или критиковать коллег, предпочитающих размышлять о жизни и времени мета-событий за пределами нашей Вселенной возрастом 14 млрд лет. Скорее, я хочу пояснить, что большинство естествоиспытателей и сейчас используют определение, согласно которому «Вселенная – это все, что существует: все множество известных или предполагаемых объектов и явлений, существовавших ранее, существующих сейчас или в будущем, рассматриваемое в целом». И поскольку специалистам в области Большой истории приходится прокладывать путь вперед, то чтобы быть действительно понятыми классическими историками, им следует по возможности основывать свои исследования на эмпирических фактах и проверенных идеях и сконцентрироваться на роли человечества в одной-единственной известной нам Вселенной.

Космическая эволюция

Большая история не нова, хотя это вряд ли можно понять по соответствующей статье в Википедии: создается впечатление, что эта наука была изобретена чуть ли не двадцать лет назад традиционными историками, осознавшими, что история ушла далеко в прошлое – во времена задолго до зарождения цивилизаций. Начиная с эпохи Возрождения естествоиспытатели изучают и преподают натуральную историю в рамках широкого междисциплинарного подхода, а отдельно взятая история от Большого взрыва до человечества, представляющая особый интерес для специалистов в об-

ласти Большой истории, в последние десятилетия продвигается в основном космологами, которые мыслят, пожалуй, шире, чем кто-либо на нашей планете. В наши дни современные астрономы окрестили свою науку «космической эволюцией», но она также известна в других научных дисциплинах под иными названиями: макроэволюция, универсальная история и история эволюции¹.

Космическая эволюция – это теория, изучающая всю совокупность многочисленных и разнообразных эволюционных изменений и перемен, происходящих в рамках одного поколения, в составе и структуре радиации, материи и жизни, имевших место в истории Вселенной. Это физические, биологические и культурные изменения, которые в целом привели к формированию галактик, звезд, планет и форм жизни, главным образом принимая во внимание Большую историю с ее более ограниченным охватом Млечного Пути, Солнца, Земли и жизни на планете, особенно человеческого. Результатом является всесторонний эволюционный синтез, объединяющий множество разных научных дисциплин – физику, астрономию, геологию, химию, биологию и антропологию – в истинно научный нарратив эпических масштабов, простирающийся от начала времен до наших дней, от Большого взрыва до появления человечества.

Обобщенное исследование изменений как таковых также не является чем-то новым, его сущность уходит по крайней мере на две с половиной тысячи лет назад к философу Гераклиту, сделавшему, пожалуй, самое лучшее наблюдение: «Все течет, все изменяется». Эта поразительно простая идея сегодня подтверждена современной научной аргументацией и большим количеством данных – действительно, в основе космической эволюции лежит понимание того, что изменение повсеместно распространено в природе. Многие ученые также обращались к проблемам жизни и сложности в космическом аспекте, среди них Р. Чемберс (Chambers 1844), который до Ч. Дарвина анонимно написал работу, используя широкий междисциплинарный подход, и Х. Шепли (Shapley 1930), ставший пионером «космографии», которая классифицирует все известные структуры в соответствии с увеличивающимся числом измерений. Г. Спенсер (Spencer 1896) также поднимал вопрос о возрастающем уровне сложности в биологической и культурной эволюции. Л. Хендерсон (Henderson 1913) рассматривал в качестве единого весь эволюционный процесс, как физический, так и биологический. А. Уайтхед (Whitehead 1925) попытался расширить научное мышление своей «органической философией». Л. Берталанфи (Von Bertalanffy 1968) отстаивал теорию систем в отношении физических, биологических и социальных исследований. А. Шкловский и К. Саган (Shklovskii, Sagan 1966) популяризировали идею о разумной жизни во Вселенной. Позже, в XX в., практически одновременно несколько независимых исследователей – К. Саган (Sagan 1980), Э. Янч (Jantsch 1980), Г. Ривз (Reeves 1981) и Э. Чейсон (Chaisson 1981) – выдвинули идею о сложных системах, появляющихся непосредственным образом вместе с развитием естественной истории.

На Рис. 1 отмечены различные типы эволюции природы на так называемой «стреле времени». Эти три эволюционные подсистемы формируют единую космическую эволюцию: физическую → биологическую → культурную, в свою очередь, каждая из них описывает «островки» растущей сложности, появившиеся, чтобы стать впоследствии упорядоченными системами, будь то массивные звезды, яркие цветы или заселенные города. Независимо от формы или направленности такая стрела символизирует *последовательность* событий, которые изменили системы от простых к сложным, от неорганических – к органическим, от хаоса – к ранней Вселенной, к более позднему порядку. Эта последовательность хорошо соотносится с длинной и впечатляющей

¹ Мое собственное толкование см.: Chaisson 1981; см. также переработанный вариант: *Idem* 2006, дополнительные математические выкладки см.: *Idem* 2001; недавнее краткое изложение и технический анализ можно посмотреть в: *Idem* 2009a; 2009b соответственно. Все источники перечислены в конце настоящей статьи. Большая часть моих недавних журнальных публикаций, включая перечисленные в списке литературы, доступны на персональной странице в Интернете: http://www.tufts.edu/as/wright_center/eric/ericrsch.html

цепью знания, связывающей семь хронологически сменявшихся главных временных эпох (дисперсная, галактическая, звездная, планетарная, химическая, биологическая и культурная):

- от элементарных частиц к атомам;
- от атомов к галактикам и звездам;
- от звезд к тяжелым химическим элементам;
- от элементов к молекулам;
- от молекул к жизни;
- от жизни к разуму;
- от разума к культурной и технологической цивилизации.

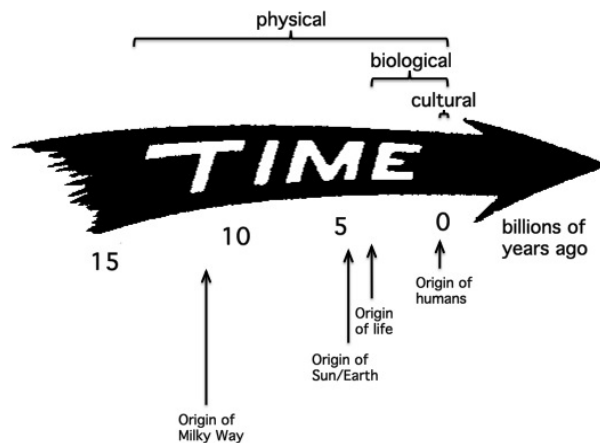
Несмотря на чрезвычайную специализацию современной науки, эволюция не признает никаких дисциплинарных границ, а космическая эволюция – это действительно междисциплинарный предмет. Следовательно, наиболее известный тип эволюции – биологическая эволюция, или неodarвинизм – есть одна, хотя и важная, подсистема из более широкого эволюционного сценария, простирающегося по всему пространству и во все времена. Иначе говоря, дарвиновские механизмы изменения растений и животных космическая эволюция стремится распространить на все объекты. И если дарвинизм осуществил революцию в понимании и помог нам освободиться от антропоцентрического убеждения, что люди отличаются от других форм жизни на нашей планете, то космическая эволюция распространяет эту интеллектуальную революцию дальше, рассматривая материю на Земле и в наших телах наравне с материей далеких звезд и галактик.

Стрела времени не подразумевает и не предполагает антропоцентризм, стрела не указывает на человечество. Несмотря на антропные принципы, никакая логика не подтверждает предположение, что Вселенная задумана специально для того, чтобы произвести нас. Люди (человечество) не есть вершина или кульминация космического эволюционного сценария, также мы не являемся единственными технологически умелыми существами, которые появились в органически богатой Вселенной. Стрела времени просто представляет собой первичный символ, мастерски передающий создание структур растущей сложности, от спиральных галактик до мыслящих существ.

Наконец, отметим, что стрела времени не подразумевает, что примитивные, «низшие» формы жизни с биологической точки зрения превратились непосредственно в продвинутые «высшие» организмы, как и галактики необязательно физически превращались в звезды, или звезды в планеты. Скорее всего, в течение большого промежутка времени окружающие условия, подходящие для зарождения простых жизненных форм, сменились на благоприятные для зарождения и эволюции более сложных биологических организмов. Подобным же образом в ранней Вселенной эволюция физических условий, благоприятных для формирования галактик, позднее, по-видимому, сменилась условиями, способствовавшими формированию звезд и планет. А сегодня, по крайней мере на Земле, доминирует культурная эволюция, так как наши биосферные условия однажды вновь изменились и стали благоприятствовать развитию значительной социальной сложности. Изменения в окружающей среде обычно предшествуют изменениям в организованных системах. Окончательным результатом для этих систем, выживших в природе в результате отбора, в *большинстве случаев* является тенденция к увеличению числа разнообразных структур и внутренней сложности.

Стрела времени символически представляет хронологическую смену главных эпох космической истории, от зарождения Вселенной ~14 млрд лет назад (в левой части рисунка) до настоящего времени (в правой части рисунка). В верхней части указаны три главных типа эволюции (физическая, биологическая и культурная), которые, в свою очередь, привели к росту сложности и количества измерений в материальных системах во Вселенной. Космическая эволюция как общий и всеобъемлющий термин включает все эти эволюционные подсистемы и временные фазы.

Рис. 1. Космическая эволюция



Энергетические потоки и рост уровня сложности

Особый интерес для ученых в области Большой истории представляют происхождение и эволюция множества разнообразных систем, наполняющих сегодня Вселенную, особенно тех, что последовательно и при определенных условиях привели к возникновению человечества на Земле. Особенно интригующим является увеличивающаяся со временем сложность этих систем, на самом деле колоссально возросшая (за некоторыми исключениями) за последние 500 млн лет со времени кембрийского периода. И теория, и эксперименты, а также компьютерное моделирование позволяют предположить, что островки растущей сложности; а именно: открытые, неравновесные системы, включающие главным образом галактики, звезды, планеты, и формы жизни, в числовом отношении более чем уравновешены океаном беспорядка, увеличивающимся повсеместно в окружающей эти системы среде. Все появляющиеся системы, включенные в космический эволюционный сценарий, количественно согласуются с принципами классической термодинамики, особенно ее вторым законом (Chaisson 2001)². Однако что же привело к появлению систем и росту их сложности с течением времени от ранней Вселенной до современности? Существует ли основной принцип, общий закон или продолжающийся процесс, которые создают, организуют и поддерживают все сложные структуры во Вселенной?

Говоря кратко и с минимумом технических подробностей, около четверти века назад я предположил, что потоки энергии являются центральным звеном космической эволюции (*Idem* 1987; 2001; 2004). В частности, плотность потока энергии (то есть количество энергии в секунду на единицу массы) является удобным показателем сложности и потенциальным двигателем эволюции для всех конструктивных событий на протяжении всей истории Вселенной. Энергия оказывается общей валютой для всех таких упорядоченных структур, живых или неживых: все сложные системы получают, аккумулируют и отдают энергию. Энергетические потоки вполне могут быть процессом, помогающим объединить все науки и найти убедительное объяснение зарождения, существования и усложнения всего множества систем, а именно того, как они появи-

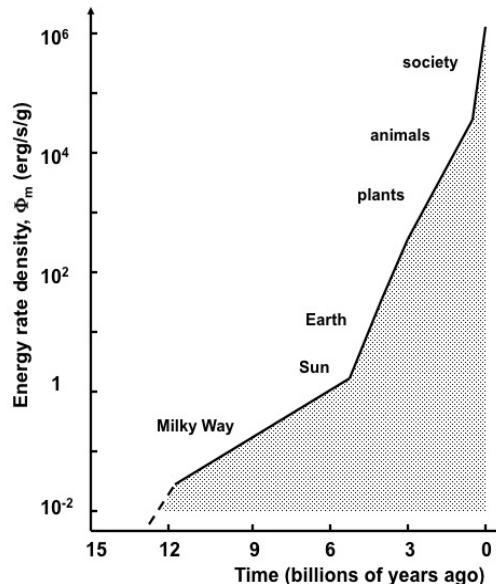
² Первый закон (или принцип, или начало) термодинамики заключается в том, что количество энергии в замкнутой системе сохраняется, то есть содержание энергии во Вселенной постоянно. А второй закон термодинамики говорит о направленности спонтанных изменений энергии от неравномерного ее распределения к равномерному распределению, то есть энергия перемещается от объекта с большей энергией к объекту с меньшим количеством энергии, или что энтропия Вселенной неуклонно возрастает (*прим. ред.*).

лись, достигали зрелости и прекращали свое существование в течение одной жизни или нескольких поколений.

Выбранный показатель, впрочем, не может быть энергией в чистом виде или просто потоком энергии. Жизнь на Земле несомненно сложнее, чем любая звезда или галактика, хотя последние используют в целом гораздо больше энергии, чем любое живое существо на нашей планете. Соответственно я упорядочил энергетические потоки в комплексных системах по их собственной массе, что позволило провести более унифицированный анализ и эффективно сравнивать практически все системы, встречающиеся в природе. Таким образом, моя основополагающая рабочая гипотеза космической эволюции заключается в следующем: упорядоченные по массе энергетические потоки, называемые удельной плотностью энергетического потока, обозначенной Φ_m , вероятно, есть наиболее универсальный процесс, способный создавать структуры, системы и сложность повсеместно во Вселенной (Chaisson 2003).

На Рис. 2 суммированы последние исследования по данной теме (*Idem* 2010; 2011), показывающие, каким образом физический, биологический и культурный типы эволюций за 14 млрд лет превратили простейшую первичную материю в прогрессивные сложные и изощренные структуры (для отдельных единиц мощности W/kg поделить на 10^4). В графике указаны значения величины, характерные для общей категории, к которой относится та или иная система. Хотя как и в любой эклектической унифицирующей теории, затрагивающей вопрос развития несовершенной Вселенной, особенно в такой, как космическая эволюция, стремящейся охватить всю природу, существуют варианты. И вполне вероятно, что именно эти варианты приводят к повсеместному возникновению грандиозного разнообразия сложных прогрессирующих систем.

Рис. 2. Значения плотности энергии, Φ_m , для некоторых сложных систем, представляющих особый интерес для ученых в области Большой истории, нанесены здесь согласно полулогарифмической шкале в соответствии со временем своего появления и отчетливо демонстрируют увеличение на протяжении примерно 14 млрд лет истории Вселенной. Затемненная область включает огромное множество изменяющихся значений плотности энергии с появлением и усложнением мириад систем (данные взяты из Chaisson 2010; 2011; 2012)



Продолжая изображенный на графике Рис. 2 тренд, относящийся к сложным системам, представляющим интерес для Большой истории, изучающей конкретные, наиболее вероятные эволюционные пути к появлению человеческого общества, я обнаружил системный рост плотности энергии (выраженный здесь в единицах плотности энергетического потока эрг/с/г на промежутках времени в миллиарды, миллионы и тысячи лет назад, соответственно Гуа, Муа и Куа).

Для физической эволюции:

- Млечный Путь появился из протогалактических сгустков > 12 млрд лет назад ($\Phi_m \approx 10^{-3}$ эрг/с/г), превращавшихся в широко распространенные карликовые галактики ($\sim 10^{-2}$), затем он превратился в зрелую, нормальную галактику ~10 млрд лет назад (~ 0.05) и наконец стал нашей сегодняшней галактикой (~ 0.1).

- Солнце появилось из протозвезды ~5 млрд лет назад ($\Phi_m \approx 1$ эрг/с/г), превратилось в нынешнюю звезду главной последовательности (~ 2) и продолжит развиваться до звезды-субгиганта ~6 млрд лет назад в будущем (~ 4), и, вероятно, закончит свое существование как старый красный гигант ($\sim 10^2$).

Для биологической эволюции:

- Растения появились из микроскопических одноклеточных организмов > 470 млн лет назад ($\Phi_m \approx 10^3$ эрг/с/г), затем эволюционировали в древнейшие голосеменные ~350 млн лет назад ($\sim 5 \times 10^3$), далее в цветковые покрытосеменные ~125 млн лет назад ($\sim 7 \times 10^3$) и наконец в высокопродуктивные С4-растения ~30 млн лет назад ($\sim 10^4$).

- Эволюция животных началась с появления рыб и амфибий 370–500 млн лет назад ($\Phi_m \approx 4 \times 10^3$), затем холоднокровных рептилий ~320 млн лет назад ($\sim 3 \times 10^3$), теплокровных млекопитающих ~200 млн лет назад ($\sim 4 \times 10^4$) и летающих птиц ~125 млн лет назад ($\sim 9 \times 10^4$).

Для культурной эволюции:

- Человеческое общество развивалось от охотников-собирателей ~300 тыс. лет назад ($\Phi_m \approx 4 \times 10^4$ эрг/с/г), к земледельцам ~10 тыс. лет назад ($\sim 10^5$), индустриальному обществу ~200 лет назад ($\sim 5 \times 10^5$) и к современному постиндустриальному обществу ($\sim 2 \times 10^6$)³.

- Машины развивались от примитивных устройств ~150 лет назад⁴ ($\Phi_m \approx 10^5$ эрг/с/г), к изобретению автомобилей ~100 лет назад ($\sim 10^6$), развитию авиации ($\sim 10^7$) и к современным реактивным самолетам и компьютерам ($\sim 5 \times 10^7$).

А для читателей, предпочитающих описание без цифр, простой «перевод» вышеизложенных технических обобщений предполагает ранжированный порядок систем растущей сложности во множестве последовательных фаз космической эволюции:

- зрелые галактики сложнее, чем их предшественники – карликовые галактики;
- красные гиганты сложнее, чем звезды главной последовательности;
- эукариоты сложнее прокариотов;
- растения сложнее одноклеточных;
- животные сложнее растений;
- млекопитающие сложнее рептилий;
- мозг сложнее, чем тело;
- общество сложнее индивида.

³ Возможно, указывая дату 300 тыс. лет назад, автор имеет в виду появление неандертальцев, однако к охоте и собирательству древнейшие и древние люди перешли гораздо раньше, а люди, анатомически сходные с современными, появились не ранее 200 тыс. лет назад; (см. статью А. В. Маркова в данной Хрестоматии) (*прим. ред.*).

⁴ Машины появились гораздо раньше. О некоторых машинах можно говорить применительно к периоду античности, а в конце Средних веков и в начале Нового времени (XIV–XVI вв.) о машинах можно говорить в полном смысле слова, и даже имелись уже системы машин (см. статью Л. Е. Гринина в данной Хрестоматии. – *Прим. ред.*).

Соответствующие показатели, отличные от плотности энергии, вполне могут описывать каждую категорию систем в рамках более ограниченных областей физической, биологической и культурной эволюции, которые объединяются, чтобы создать великое единство космической эволюции, но никакой другой отдельный показатель, кажется, не способен столь единообразно описать их всех. Необходимо учитывать значимость изображения на графике одной величины для такого огромного разнообразия систем, наблюдаемых в природе. Я не знаю другой единой величины (Φ_m), которая характеризовала бы в таких огромных масштабах и столь единообразно такое количество различных сложных систем, охватывающих ~ 20 порядков величины в пространственном измерении и примерно столько же во временном.

Что особенно заманчиво, энергетические потоки как универсальный процесс помогают преодолеть энтропию в рамках все более упорядоченных, локализованных систем, появляющихся среди растущего беспорядка, расширяющихся внешних воздействий. Этот процесс действительно разумно управляет появлением и созреванием нашей Галактики, нашей звезды, нашей планеты и нас самих. Если это верно, энергия сама по себе есть механизм изменения в расширяющейся Вселенной. И плотность энергии – это точно выраженный, объективный показатель энергетического потока, позволяющий нам откалибровать подобным образом все сложные системы, а также изучить, как со временем некоторые системы эволюционируют до способности управления энергией и выживают, а другие, по-видимому, не смогли и не сделали этого.

Оптимизация подобных энергетических потоков вполне может быть движущей силой эволюции в широком понимании, таким образом воздействуя на каждый домен физической, биологической и культурной подсистем эволюции.

Как преподавать курс по космической эволюции

Исходя из общей концепции, основой моих исследований является эмпирический подход, источником данных – множество наблюдений, а целью – синтез истории в непрерывное повествование, объединяющее большую часть того, что действительно существует в природе. Рис. 2. содержит огромную информацию, расчеты, моделирование, подводя итог многолетним попыткам истолковать на количественном уровне мое собственное объяснение современного космического эволюционного сценария (Chaisson 1981). Космическая эволюция стала для меня естественным способом пересечь утратившие значение границы между науками и понять на определенном уровне, в хронологическом порядке и в некоторой унифицированной модели многие сложные формы организации в известной Вселенной. Честно говоря, это было мое личное интеллектуальное путешествие в поисках ответа на вопросы, кто я и откуда я пришел.

Мой интерес к междисциплинарной науке глубоко уходит корнями в начало моей карьеры несколько десятилетий назад, когда я впервые пришел в Гарвард как студент. Именно тогда я пытался попасть на курс, который мне всегда хотелось изучать, но оказалось, что такого курса не существует. Я искал широкий обзорный курс, который преодолевал бы границы всех естественных наук не только потому, что не знал, в какой из наук позже захочу специализироваться, но также и потому, что искал всеобъемлющую, интегрированную картину мира. Я стремился понять смысл того, что видел вокруг в атмосфере, на Земле, в море и небесах, и особенно старался найти свое собственное место в большой картине природы вообще.

К сожалению, практически каждый, кого я встретил сорок лет назад, впрочем, как и сегодня, был погружен в свою собственную науку. Коллеги изучали узкие дисципли-

лины, факультеты занимались исследованиями в определенной сфере, и очень немногие демонстрировали заметный интерес к другим областям знаний. То, что университеты не дают и не преподают универсальных знаний, стало в то время моим самым большим разочарованием, и до сих пор им остается. В то время было всего несколько исключений: директор обсерватории Харлоу Шепли преподавал обзорный курс «Космография» с 1920-х по 1950-е гг., и (мой предшественник) Карл Саган преподавал «Жизнь во Вселенной» огромным аудиториям слушателей в 1960-е гг. Но к моменту начала моей учебы Шепли уже умер, Сагана выгнали, и в учебном плане Гарварда не было никакого обзорного курса, который я так искал.

Меньше чем через десять лет, когда я был принят на факультет в Гарварде в середине 1970-х гг., мне удалось создать/воссоздать тот широкий обзорный курс совместно со старшим преподавателем Джорджем Филдом, который тоже долгое время хотел читать интегрированный курс наук. Мы назвали курс «Космическая эволюция» и специально решили наполнить его «всем понемногу», невзирая на ожидаемую критику. Это был действительно научный обзор событий от Большого взрыва до человечества – междисциплинарный охват физики, астрономии, геологии, химии и биологии, также были включены и общественные науки. Мы не были уверены, что среди студентов вообще появятся желающие изучать этот курс.

Спустя три года «Космическая эволюция» стала самым посещаемым научным курсом в Гарварде, ограниченным только размерами самого большого лекционного зала. Его немедленное принятие и быстрый рост популярности были частично обусловлены тем, что мы серьезно подошли к искусству преподавания, но главным образом тем, что студенты «проголосовали ногами». На наши вопросы студенты сразу отвечали, что они также искали более обширную картину, которая охватила бы большую часть изучаемого в колледже, и особенно стремились создать для себя общую систему понимания.

На сегодняшний день я преподаю курс «Космическая эволюция» в Гарварде 28 из 35 лет, прошедших с момента создания курса, практически все это время (как и сейчас) в одиночку. Первые несколько лет я приглашал многих лекторов, среди них были Стив Джей Гоулд, Э. О. Уилсон, Джордж Уолд и некоторые другие эксперты за пределами моей собственной компетенции в области физики. Лекции гостей были прекрасны в качестве разовых выступлений, но в целом не было образовательной преемственности. Поэтому, когда в 1980-е гг. я получил стипендию фонда Альфреда Слоана, я очень удивил своих коллег, взяв годичный отпуск и потратив эти деньги на собственное образование во всех тех дисциплинах, которые требовались для самостоятельного преподавания этого обширного курса. Сольное преподавание курса принесло гораздо больше личного удовлетворения, так как это вынудило меня быть в курсе прогрессивных идей во многих предметных областях, и это обогатило меня гораздо больше в плане педагогики и преемственности, так как у студентов, изучающих курс, был один преподаватель для всего объемного содержания курса. Программа курса и мультимедийный сайт находятся в открытом доступе на сайте: http://www.tufts.edu/as/wright_cen-ter/cosmic_evolution.

Несколько лет назад после многочисленных неудачных попыток представить курс «Космическая эволюция» в Университете им. Тафтса (из-за обычных в этом случае битв за место под солнцем с членами специализированных факультетов) мне наконец удалось уговорить старшего научного сотрудника Дэвида Уолта при условии, что курс будет преподаваться командой из представителей всех научных кафедр. Сегодня курс «От Большого взрыва до человечества» – весьма популярный курс в Уни-

верситете Тафтса, где я преподаю в сотрудничестве с химиком-органиком, специалистами в областях геологии ледниковых явлений, биологии развития и культурной антропологии. В таком совместном преподавании нет образовательной преемственности от лектора к лектору, но его решающим преимуществом является то, что студенты встречаются с целым рядом ведущих исследователей, каждый из которых является серьезным экспертом в соответствующей дисциплине.

Главной причиной создания такого широкого обзорного курса в Университете Тафтса было то, что подавляющее большинство студентов изучают там естественные науки. И хотя около трети (вновь поступивших) абитуриентов ежегодно выбирают специализацию по математике/естественным наукам, менее 10 % выпускаются со степенью по этим дисциплинам. И подобная ситуация наблюдается во многих университетах по всей стране – американцы толпами уходят из науки. Моя точка зрения, к неудовольствию многих коллег, состоит в том, что главная проблема здесь – в научном факультете. Не надо винить в этом учителей начальной школы или программу средней школы, вероятнее всего, именно преподаватели высших учебных заведений уклоняются от своих обязанностей учить хорошо, широко; на самом деле, они учат на начальном уровне и отказываются от обязанности распространять свою любовь и энтузиазм к нашим наукам.

При всем этом мы надеялись, что такой обзор, который охватывает и интегрирует многие научные дисциплины, вернет интерес студентов к науке – в основном, так и получилось. Количество слушателей растет, студенты снова «голосуют ногами». И, как показал последний семестр, эта большая картина их очень вдохновляет. После моих лекций одна студентка оказала мне большую честь, сказав со слезами: «Спасибо за то, что помогли вспомнить, как я когда-то любила науку». Ради таких комплиментов стоит преподавать этот предмет на протяжении 35 лет!

Заключение

Изучение космической эволюции было сутью всей моей научной карьеры. Это единственный предмет, который я знаю, хотя, к счастью, он охватывает многочисленные факты, идеи и предположения. В течение десятилетий в процессе построения курса в Гарварде (наряду с разработкой обширного набора дополнительных онлайн-новых материалов) программа моих научных исследований постепенно смещалась с основных тенденций астрофизики к этой всеохватывающей междисциплинарной науке, и для научно-образовательной программы, которую я веду в научно-исследовательском центре Университета Тафтса, это стало интеллектуальной основой. То, что начиналось как поиск какого-то общего курса странствующим студентом, которым двигало вряд ли что-то большее, чем настойчивое любопытство, стало путешествием длиной в жизнь с целью понять наш мир, нашу Вселенную и самих себя.

Даже после десятилетий исследований, преподавания и научных работ на тему эволюционной эпопеи я все еще не уверен, что знаю, кто я или как в действительности вписываюсь в эту огромную схему явлений. Но всю жизнь я получаю удовольствие от изучения сущности космической эволюции, публикуя данные точных наук, подкрепляющие историю от большого взрыва до человечества, особенно делаясь подробностями, своим волнением, значимостью этого фантастического рассказа со многими людьми, стремящимися найти свою собственную картину мира. Для меня это были и есть самые лучшие научные устремления: я эгоистично пытался разобраться в себе, но при этом, по-видимому, помог многим другим познать самих себя и смысл их существования в удивительном космосе.

Перевод с английского Е. В. Емановой

Библиография

- Chaisson E. J. 1981.** *Cosmic Dawn: The Origins of Matter and Life*. Boston, MA: Little, Brown.
- Chaisson E. J. 1987.** *The Life Era*. New York: Atlantic Monthly Press.
- Chaisson E. J. 2001.** *Cosmic Evolution: The Rise of Complexity in Nature*. Cambridge; London: Harvard University Press.
- Chaisson E. J. 2003.** A Unifying Concept for Astrobiology. *International Journal of Astrobiology* 2: 91–101.
- Chaisson E. J. 2004.** Complexity: An Energetics Agenda. *Complexity* 9: 14–21.
- Chaisson E. J. 2006.** *Epic of Evolution: Seven Ages of the Cosmos*. New York: Columbia University Press.
- Chaisson E. J. 2009a.** Cosmic Evolution – State of the Science. *Cosmos and Culture* / Ed. by S. Dick and M. Lupisella, pp. 3–23. Washington: NASA Press.
- Chaisson E. J. 2009b.** Exobiology and Complexity. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science* / Ed. by R. Meyers, pp. 3267–3284. Berlin: Springer.
- Chaisson E. J. 2010.** Energy Rate Density as a Complexity Metric and Evolutionary Driver. *Complexity* 16: 27–40. DOI: 10.1002/cplx.20323.
- Chaisson E. J. 2011.** Energy Rate Density II: Probing Further a New Complexity Metric. *Complexity* 17: 44–63. DOI: 10.1002/cplx.20373.
- Chaisson E. J. 2012.** *Using Complexity Science to Search for Unity in the Natural Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chambers R. 1844.** *Vestiges of the Natural History of Creation*. London: J. Churchill.
- Christian D. 2004.** *Maps of Time*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Greene B. 2011.** *The Hidden Reality: Parallel Universes and the Deep Laws of the Cosmos*. New York: Knopf.
- Henderson L. 1913.** *Fitness of the Environment*. New York: Macmillan.
- Jantsch E. 1980.** *The Self-organizing Universe*. Oxford: Pergamon Press.
- Penrose R. 2010.** *Cycles of Time*. London: Bodley Head.
- Reeves H. 1981.** *Patience dans l'Azur: l'évolution cosmique*. Paris: Editions du Seuil.
- Sagan C. 1980.** *Cosmos*. New York: Random House.
- Shapley H. 1930.** *Flights from Chaos*. New York: McGraw-Hill.
- Shklovskii I. S., Sagan C. 1966.** *Intelligent Life in the Universe*. San Francisco, CA: Holden-Day.
- Spencer H. 1896.** *A System of Synthetic Philosophy*. London: Williams and Norgate.
- Spier F. 2010.** *Big History and the Future of Humanity*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Von Bertalanffy L. 1968.** *General System Theory*. New York: Braziller.
- Whitehead A. N. 1925.** *Science and the Modern World*. New York: Macmillan.