

Вселенной...). В действительности, это „незаконно“ проникшие в ядро достоверных знаний элементы, именно НКМ данной эпохи.

Ввиду своей цельности и системности, НКМ обладает большой эвристической ценностью. Являясь, в принципе, всегда всеобъемлющей и полной моделью данного аспекта действительности, она служит и как бы интеллектуальной атмосферой, в которой могут формироваться новые идеи и предвидения; подобно силовому полю, направляет мысль на решение определенных проблем, организует научный процесс. Но лишь до тех пор, пока этот организующий „каркас“ из идей и представлений не становится тесным для объяснения новых фактов, явлений, закономерностей, открываемых в самой науке, то есть пока в „зонах экстраполяции“ не открываются явления, объекты и процессы, – факты, – прямо противоречащие соответствующим элементам и конструктам НКМ.

Развитие НКМ, в отличие от кумулятивно-обобщающего, эволюционного пути развития собственно науки, происходит путем смены эволюционных и революционных периодов, то есть периодов пополнения НКМ новыми идеями и моделями, не противоречащими ее фундаментальному ядру и НКМ в целом (эволюционный этап) и периодов ломки НКМ – смены ее как модели в целом или в существенных частях (революционные этапы). При этом наиболее редким, но и наиболее сильным по своим последствиям событием является смена элементов НКМ, проникших в ядро собственно науки, то есть смена, ломка фундаментальных принципов-постулатов. В отличие от также революционной (по типу изменений) смены модельных частей отдельных теорий, такая ломка вызывает широкий резонанс, как в науке, так и нередко даже в общественном сознании и квалифицируется поэтому как „научная революция“ – фундаментальная, универсальная, если она относится к физическим или космофизическим принципам и представлениям, или же локальная, частная, если речь идет о смене более специфических представлений – в собственно астрономии – в астрофизике, космогонии, космологии; в биологии и т.п.

Ярчайшим примером универсальной и вместе фундаментальной научной революции была смена космофизической картины мира Аристотеля – Птолемея на НКМ Коперника – Ньютона, когда крушение одного из главнейших космофизических принципов, краеугольного камня древней НКМ – геоцентризма – привело к потрясению и революционной смене всего *физического* фундамента НКМ и всей космофизической картины мира, к утверждению Ньютонианской гравитационной картины мира.

Заметим, что при ломке НКМ она не исчезает бесследно (по-скольку в ней обобщены, хотя и путем неограниченной экстраполяции, — но все же вполне достоверные, и лишь с неизвестными пока границами этой достоверности, факты). От старой НКМ — модели, безграничной экстраполяции остается обычно и „сухой остаток” — ограниченное, но уже вполне достоверное знание. (Яркий пример тому: неограниченный принцип геоцентризма после Коперника превратился в теорию вполне достоверной, но ограниченной геоцентрической системы Земля — Луна).

В наши дни в общей космофизической картине мира, как и в ее отдельных аспектах — ФКМ, АКМ, прослеживаются тенденции к существенному изменению на основе приложения к объектам и процессам материального Космоса новых мощных и общих методов исследования Вселенной (принципиально новые астрономические инструменты и выход в космос, сделавшие астрономию всеволновой и т.д.), новых теоретических подходов (неизвестные ранее общие математические методы, алгоритмы и исчисления). В результате уже сейчас обнаруживается общность природы и типа структур разнороднейших объектов и их систем во Вселенной (например, существенная нестационарность множества объектов и их систем всевозможного масштаба; современное открытие „фрактальности Вселенной”, что становится фундаментом для формирования совершенно непривычной, необычной и неожиданной, новой, но, — как и на заре науки, — вновь становящейся универсальной космофизической картины мира).

Революционная перестройка НКМ может происходить и при устранении из ее ядра некоторых закрепившихся модельных конструкций (теплород; черная дыра?... — См. ниже); при синтезе представлявшихся взаимоисключающими идей о природе и эволюции тех или иных объектов или систем во Вселенной (упомянутый квантовый синтез дискретной и волновой гипотез о природе света или, — возможно ли?! — „классической” и „бюраканской” концепций в космогонии, см. ниже).

Иногда потрясение в НКМ может обуславливаться привнесением, скажем, в астрономию открытий из соседних областей познания (космологические парадоксы, особенно термодинамический, возникшие в АКМ XIX в.; может быть, термодинамический подход к концепции „хаотического раздувания” Вселенной и т.д.).

Некоторые подобные проблемы и ситуации и рассмотрены в данной статье.

## 1. О „термодинамике Вселенной”

- А зачем им вообще эта дурацкая энергия?
- Видишь ли, мальчик, эти славные существа вбили себе в голову, что вечного двигателя построить нельзя!
- Не может быть, — сказал юноша. ([4], с. 127).

Флуктуации и проблема физических границ 2-го Начала термодинамики. Пожалуй, впервые термодинамический аспект в космологии обозначил еще Ньютон. Именно он подметил эффект „трения” в часовом механизме Вселенной — тенденцию, которую в середине XIX в. назвали ростом энтропии. В духе своего времени Ньютон призвал на помощь Господа Бога. Он и был приставлен сэром Исааком к слежению за под заводом и ремонтом этих „часов”.

В рамках космологии термодинамический парадокс был осознан в середине XIX в. (см. статью В.В. Казютинского [5]). Дискуссия о парадоксе породила ряд блестящих идей широкого научного значения („шредингерово” объяснение Л. Больцманом „антиэнтропийности” жизни; введение им *флуктуаций* в *термодинамику*, фундаментальные следствия чего в физике не исчерпаны до сих пор; его же грандиозная космологическая флуктуационная гипотеза, за концептуальные рамки которой физика в проблеме „тепловой смерти” Вселенной так еще и не вышла; глубокая и новаторская, но тем не менее исторически ограниченная флуктуационная трактовка 2 Начала М. Смолуховским [6] и т.д.).

Мне уже доводилось [7,8] обращать внимание на примечательные следствия введения Больцманом флуктуаций в термодинамику и космологию. Отмечу здесь лишь, что последовательное развитие идей Больцмана ведет нас к весьма неожиданным следствиям. Так, связь между вероятностью состояния  $W$  системы и ее энтропией  $S$  оказывается, вопреки стандартной трактовке знаменитой формулы Больцмана ( $S = k \cdot \ln W$ ), *не функциональной, а статистической*; и сама эта формула строго справедлива лишь в *полном пренебрежении флуктуациями*! Далее, состояния термодинамического и статистического равновесия различаются не пренебрежимо мало (и тем более не тождественны), а *макроскопически существенно* (эффект *равновесных флуктуаций*)...

С учетом этого еще более, чем было продемонстрировано М. Смолуховским, расшатывается и *статистическая* (не только исход-

ная феноменологическая) трактовка 2-го Начала термодинамики. *Не исключено*, скажем, что 2 Начало ограничено справедливо *даже* в форме запрета „вечного двигателя 2-го рода"! Если открывающиеся тут фантастические варианты при последующих теоретических и экспериментальных исследованиях подтвердятся и реализуются, это откроет необозримые перспективы не только в энергетике, но и в фундаментальной физике и, более того, радикально может изменить *картину мира*. Например, „за рамками” 2-го Начала роль космических цивилизаций (КЦ) могла бы существенно возрасти и стать даже *космологической*. Картина мира, в этом плане, могла бы определяться не „часовщиком Ньютона”, а Разумом КЦ.

Картина мира инфляционной космологии и термодинамика. Но и в случае неограниченной справедливости 2-го Начала (в трактовке Больцмана – Смолуховского) появление инфляционной космологии [9, 10], особенно сценария „хаотического раздувания” [11] радикально меняет ситуацию с термодинамическими свойствами Вселенной и ее „тепловой смертью”.

Как справедливо подчеркнуто в [5], во всех космологических построениях, обсуждающих проблему тепловой смерти Вселенной, изучались, открывались и „закрывались” свойства *не* реальной Вселенной, а ее специфических *моделей* (что часто игнорируется). Так, тепловая смерть неизбежно наступала в моделях Вселенной типа ньютоновской или даже, с точностью до флуктуаций, в больцмановской (последнее – вопреки популярному одно время мнению И.Р. Плоткина [12]); не достигалась в бесконечно расширяющейся фридмановской модели (знаменитый результат Р. Толмена [13]); реализовывалась в худшем варианте в бесконечной иерархической модели Вселенной [14], в противоположность оптимистическому выводу К.П. Станюковича [15]; не удавалось избежать ее в осциллирующих постфридмановских моделях [16] и т.д.

В [7] (см. также [17]) мною было отмечено, что в актуально бесконечно разнообразной („максимально неоднородной”) модели Вселенной, в отличие от однородной по свойствам и законам, 2 Начало, хотя бы и сохраняло всюду справедливость, оказывалось бы в определенном смысле „неактуальным”, то есть не могло бы реализоваться здесь даже за бесконечное время.

Похожая ситуация усматривается в модели инфляционной Вселенной. Действительно, современные оценки размеров инфляционного „пузыря”, содержащего нашу Вселенную (Метагалактику), наряду с невообразимо большим (практически бесконечным) числом других „вселенных” (фундаментальные физические законы в кото-

рых, и даже число измерений пространства, могут как угодно отличаться от наших), дают величины от  $10^{10^4}$  до  $10^{10^{14}}$  см [11]. Такого рода числа *не меняются*, выражай ли их в ангстремах или в радиусах Метагалактики! Соответственно, „время пересечения” такой системы лучом света (мыслимая нижняя грань „времени релаксации”) выразится *тем же* числом, опять-таки независимо от того, измеряем ли мы время в наименьших физически мыслимых, в рамках нашей физики, единицах  $\approx 10^{-43}$  с или в „возрастах Метагалактики”,  $\approx 10^{10}$  лет. (Эта тема ярко освещена Дж. Литтлвудом в [18]).

Но такая инвариантность — характерное свойство *бесконечных* величин! Таким образом, размерные параметры „инфляционного пузыря” отличаются от *бесконечных* значений в определенном смысле пренебрежимо мало (!), во всяком случае, качественно, в пределах той точности, какую мы выражаем символом „ $\approx$ ” и какая нас, очевидно, в современной астрономической картине Мира удовлетворяет.

Соответственно, уже в этом варианте модели инфляционной Вселенной постижимые нами промежутки времени (в равной степени  $10^{-43}$  с или  $10^{10}$  лет), характеризующие „нашу Вселенную”, и даже астрофизически экстремальные, типа  $10^{100}$  лет (распад сверхмассивных „галактических” черных дыр) обладают всеми традиционными признаками *бесконечно малых* величин — в сравнении с теми временами, в течение которых ( $\approx 10^{10^{10}}$  „наших времен”) в Большой Вселенной (инфляционный пузырь, при раздувании которого родилась и наша Вселенная) заведомо *не наступит* еще состояние типа термодинамического равновесия, то есть и пресловутая тепловая смерть. Можно ли полагать, что это понятие в инфляционной модели Вселенной вообще сохраняет для нас смысл? Крайне сомнительно, по меньшей мере !..

Наконец, в самом последнем (пока!..) варианте модели инфляционной Вселенной — сценарии „хаотического раздувания” по А.Д. Линде [11] условия для реализации тепловой смерти, мягко говоря, еще менее благоприятны, чем в первоначальном варианте концепции раздувания. Эта последняя модель вообще трактуется ее автором и другими видными космологами (например, И.Д. Новиковым) как модель вечно юной, самообновляющейся Вселенной. Правда, последняя трактовка не базируется на каком-либо последовательном анализе свойств этой Вселенной в плане термодинамики. Так что остается за кадром фактор *увеличения* энтропии в ходе эволюции *каждого* отдельного инфляционного пузыря (или вселенных типа нашей — практически Метагалактики). Но, в аспекте „максимальной неоднородности” свойств Вселенной в модели с хаотическим раздувани-

ем, не вызывает сомнения, что условия для реализации в ней состояния тепловой смерти, как отмечено, еще куда менее благоприятны, чем даже в исходной модели раздувающейся Вселенной.

Интересная модель вселенной Больцмановского типа, но *сплошь* заполненной гигантскими флуктуациями (Я.П. Терлецкий [19]), к сожалению, пока остается недоисследованной в этом плане. В то же время термодинамическая финитность осциллирующей Фридмановской модели (опустим здесь проблему более строгого *математического* обоснования ее), и именно по причине накопления энтропии от цикла к циклу, была убедительно продемонстрирована Я.Б. Зельдовичем и И.Д. Новиковым [16, с. 699].

Исходная инфляционная модель Вселенной А.Д. Линде аналогична, пожалуй, единичной гигантской флуктуации во Вселенной Больцмана (хотя вследствие учета существенно квантового характера системы Линде его модель куда более вероятна). Поэтому даже она находится за рамками требований и запретов со стороны 2-го Начала, которые обходятся здесь соображениями „антропного” характера (А.Л. Зельманов [20], Г.М. Идлис [21]). Но в модели *хаотического* раздувания фигурирует уже *ансамбль* гигантских флуктуаций физического вакуума. Здесь мыслим и даже, пожалуй, обязателен и статистико-термодинамический подход к системе. Является ли она в термодинамическом отношении аналогом множества (ансамбля) осциллирующих „термодинамически смертных” [16] Фридмановских вселенных, или же она ближе к флуктуационной модели Вселенной Больцмановского типа в варианте Герлецкого [19] – подлежит выяснению. И, разумеется, мы не должны забывать о варианте, в котором 2 Начало в системах определенной динамической структуры вообще не является универсальным физическим законом. Здесь вопрос о тепловой смерти соответствующих моделей Вселенной вовсе не возникает, при *любом* их масштабе.

## 2. Фрактальная Вселенная

*...Что, не поймешь Природу ты? Лик Космоса --  
чужд и ужасен? Узри фрактальные черты, и ты уви-  
дишь -- Мир прекрасен! Необъясним Природы ритм?  
Мрак черных дыр, тьма белых пятен? Познай фрак-  
тальный алгоритм -- и Мир окажется понятен!*

*(Из нового астрофольклора)*

**Открытие фрактальности мира.** В последние полтора десятка лет мы с удивлением узнали, что живем в Мире, где нас со всех сторон окружают объекты и системы *дробной* размерности. Это крайне непривычно. И в жизни, и в науке мы до сих пор встречали, как нам казалось, лишь объекты очень небольшого набора целочисленной, притом невысокой размерности: точки (размерность 0), линии (1), поверхности (2), тела (3) ... Минимальное количественное расширение этого набора в физике произошло хотя и давно, но все же в этом веке, когда Р. Минковский в 1908 г. предложил четырехмерную трактовку теории относительности. Позже, в 20-х гг. появились модели с пятью измерениями (Т. Калуца, Ю.Б. Румер и др.). В развитие этой линии уже относительно недавно в теории возникли 10- и 11-мерные физические пространства, а затем дело дошло и до 506 измерений!... Впрочем, в подчеркиваемом формально математическом смысле, физики уже во времена Больцмана и Гиббса оперировали с фазовыми пространствами размерности  $\sim 10^{23}$  (число Авогадро). Математики же, люди перед Природой менее ответственные, чем физики или астрономы, гораздо раньше физиков уютно устроились в многомерных пространствах, а с легкой руки Д. Гильберта — и в „бесконечномерных“.

Однако в смысле целочисленности и дискретности сколь угодно большое  $N$  тождественно 1 или даже 0. ... И вот мы в очередной раз узнаем, что „говорим прозой“, — на этот раз, что живем во Вселенной, на каждом шагу, на всех уровнях масштабов и чуть ли не во всех самых интересных для науки случаях прямо-таки кишашей субъектами, структурами, системами дробной размерности!.. — Модель динамического хаоса (тоже, кстати, фрагмент новой грани НКМ) и турбулентность (в воде, атмосфере и Космосе); флуктуации температуры и плотности; солнечные пятна и скрытая масса галактик; фрагментация протогалактической среды и пыль у звезд типа R Северной Короны; переменные звезды и структура рентгеновского источника Геркулес X-1...

Короче, „природа очень любит фрактальные формы” [22 а]; „ученые с немалым удивлением и восторгом... уясняют для себя, что многие и многие формы, которые они до сих пор вынуждены были характеризовать как зернистые, гидроподобные, похожие на морские водоросли, странные, запуганные, ветвистые, ворсистые, морщинистые и т.п., отныне могут изучаться и описываться в строгих количественных терминах... фрактальные множества, считавшиеся до сих пор чем-то исключительным, ... в некотором смысле должны стать правилом...” (Б. Мандельброт, цит. по [22 б]).

Напомню, что дробная размерность (у линии, например) возникает в тех случаях, когда эта линия, в пределе, „почти сплошь” заполняет какую-то поверхность (на математическом языке, ее размерность Хаусдорфа-Безиковича при этом больше топологической). Кстати, размерность линии, превосходящая 1, при этом не обязательно будет дробной. Например, размерность плоской броуновской траектории равна 2.

Началось же осознание фрактальности мира, как почти все крупнейшие обобщения, — с частного вопроса, с мысленного опыта математика Б. Мандельброта: длина участка береговой линии между городами Портленд и Калис (штат Мэн, США) оказалась зависящей от того, как ее измерять... В чем дело?

Разумеется, можно было сказать, что это было заранее очевидно и тривиально; более того, на соответствующих математических моделях давно известно... Те, кто так рассуждал и на этом останавливался, в бесконечном множестве „аналогичных случаев” до Мандельброта, и не заметили, не открыли фрактальность Вселенной... Он же вышел за рамки старой НКМ, где не было места для фракталов, ибо „все прекрасно объяснялось” и без них, и о них даже мысли не возникало... Впрочем, у математиков, знакомых с хаусдорфовской размерностью еще с 1919 г., какие-то подозрения дробные размерности вызывали, хотя бы и у исключительно экзотических математических объектов, и „это давало некоторый повод говорить о пространствах дробной размерности” [23]. Увы, к этим разговорам долго не прислушивались. Но час пробил!

Итак, наша Вселенная „изменилась” — она стала фрактальной... А точнее, необратимо изменилась наша картина мира, — и астрономическая тоже. Совершенно несомненно, — какие бы с нею дальше ни происходили изменения, какие бы ни совершались научные революции — аспект фрактальности *навсегда* вошел в нее, в ее „твердое ядро” принципов-постулатов, и не будет устранен, изъят из НКМ ни при какой ревизии. „...Патологические структуры, которые были изобре-

тены математиками, желавшими оторваться от свойственного XIX веку натурализма, оказались основой множества хорошо знакомых, повсюду нас окружающих объектов”, — это сказал Ф. Дайсон [22 б].

**Фрактальная Вселенная и концепция „раздувания” в космологии.**  
... И тем не менее все упоминавшиеся объекты, системы, структуры, сколь ни много их вокруг нас, от микромира до Метагалактики, — все это материальные объекты, находящиеся в *трехмерном* (пусть искривленном...) пространстве, и лишь сами имеющие фрактальную структуру, или же размерность. А мыслимо ли, и какой смысл могло бы иметь *пространство* дробной размерности? Или, в еще более общем случае, комплексной дробной размерности? Лично меня этот вопрос интересует где-то с начала 50-х гг.! Очень многозначительным представляется то, что в наше время, буквально в последние годы, появился (в теории) первый объект, в отношении которого можно думать, что он обладает именно *пространством* фрактальной структуры и, возможно, дробной размерности. История науки показывает, насколько принципиальным оказывался почти всегда такой первый шаг, открывая новую область явлений и т.п., хотя обычно по единственному, уникальному объекту не удавалось, естественно, установить ни меру типичности, ни степень особенности и нетривиальности нового объекта. Вспомним из истории астрономии открытие первого кольца у планеты, первого астероида, первого квазара и т.д.

Но вернемся к нашему, по самой своей сути уникальному и единственному известному (да и то пока гипотетическому) объекту с фрактальной размерностью пространства во Вселенной. Этот объект — *сама Вселенная* в модели хаотического раздувания Линде [11].

Фрактальную природу и структуру этот объект имеет, так сказать, „по построению” (в силу стохастического ветвления процесса раздувания). Первые попытки численного моделирования этого процесса проведены самим А.Д. Линде, насколько можно судить. Его результаты опубликованы пока лишь в виде доклада „Фрактальная Вселенная” в Гос. астроном. инст. им. Штернберга (ГАИШ) 19 июня 1991 г. Имеющиеся оценки пока не позволяют количественно указать размерность пространства стохастически раздувающейся Вселенной. Допустимо предположить, что размерность эта может оказаться и не обязательно дробной (подобно тому, как целочисленной, но более высокой, чем у обычной линии, оказывается размерность броуновской траектории, см. выше). Какова же она окажется в конце концов? Четыре? „Восемь с половиной”? Или  $506 \cdot 10^{10}$ ..? Тем более остается открытым вопрос о смысле и, далее, о физической реализации во Вселенной комплексной (и в частном случае, чисто мнимой)

размерности пространства... И, пожалуй, совершенно не в наших силах представить себе, что могла бы значить дробная размерность (да еще комплексная...) космологического *времени*.

**Фрактальная математика для фрактальной Вселенной.** Справедливо подчеркивается, что в математическом плане фрактальный подход отождествляется пока что с фрактальной *геометрией*. Это было заложено еще в основополагающей книге Мандельброта, и ситуация не изменилась за полтора десятилетия бурного развития концепции фракталов. Геометрические изображения фракталов к тому же иногда весьма впечатляющи, а подчас и потрясающе красивы, бесконечно разнообразны и чрезвычайно эвристичны, если так можно выразиться. (См., например, [22 в]). Кстати, эта красота – один из эмпирически и эвристически надежных критериев фундаментальности фракталов как объектов природы, Космоса [24]. Именно компьютеры, способные наглядно реализовать фрактальные геометрические объекты, дают пока практически единственный путь в мир фракталов. „... Последние открытия во фрактальной геометрии стали возможными благодаря мощным современным компьютерам” [22 б]; „...Изучение свойств... фракталов почти полностью основано на компьютерных вычислениях” [22 г]. (Вспомним здесь, однако, и яркие провидения художника – Эшера, первым *увидевшего* фрактальный Мир!).

Однако, сколь ни впечатляющи успехи *компьютерной* математики, тем не менее обобщающая мощь *аналитического* подхода и в самой математике, и в физике, и в астрономии не должна недооцениваться и в данном аспекте. Бесконечный спектр качественных возможностей, заложенный в единой аналитической формуле, алгоритме, – законе, в конце концов! – очевидно, не вскроет никакой компьютер. (В конечном счете, разумеется, наиболее перспективно сочетание этих двух математических подходов к исследованию природы).

Возникает вопрос: а не может ли быть создан соответствующий *аналитический* математический аппарат, который „обслуживал” бы фрактальный аспект исследования Вселенной средствами *не* геометрии, а „*матанализа*”?

Говоря откровенно, я задаю этот вопрос чисто риторически (и даже в расчете на весьма вероятную недостаточную информированность читателя...). Дело в том, что такой аппарат уже *существует*, но незаслуженно малоизвестен. Он, в основах, создан (точнее, завершен) свыше сотни лет тому назад, в лучших традициях математики, заблаговременно готовящей для физики, астрономии и т.д. математические понятия, методы, алгоритмы и целые исчисления: вспом-