

## 6

## Хайтун vs Панов: Аргументы в защиту авторской версии универсального эволюционизма

С. Д. Хайтун

<sup>4</sup>Я не уверен в любой истине – даже в той, в которую верю.

Умберто Эко

В недавней статье А. Д. Панов (2009) подверг жесткой критике мою книгу «Феномен человека на фоне универсальной эволюции» (Хайтун 2005). Книга и на самом деле уязвима. Во-первых, она изначально носит поисковый характер (см. эпиграф к настоящей статье, воспроизводящий эпиграф к книге), а поисковые работы особенно легко и приятно критиковать. Во-вторых, хотя ее объем составляет 44 авторских листа и в ее списке литературы 1138 работ, она априори неполна, что позволяет указывать ее автору на отсутствие в книге того или другого совершенно необходимого материала. В-третьих, в ней – из-за необозримости темы – представлены только контуры авторской эволюционной концепции, которая, конечно же, нуждается в дальнейшем обосновании и развитии. Сознвая последнее обстоятельство, я за прошедшие несколько лет опубликовал три монографии (Он же 2006; 2007; 2009а; 2009б), однако недостаточная обоснованность авторской концепции, как она представлена в книге (Он же 2005), конечно же, может вызывать нарекания.

Эти обстоятельства и объясняется, на мой взгляд, чрезмерная – местами просто зашкаливающая – жесткость критики г-на Панова. Целый ряд пунктов моей версии универсального эволюционизма парадигмально расходится с его убеждениями, он же в этих парадигмальных расхождениях склонен видеть фактические (внутрипарадигмальные) ошибки, которые во множестве у меня и «обнаруживает», что позволяет ему оглушать меня в глазах читателей, изображая дело таким образом, будто я и абзаца не в состоянии написать, не допустив фактической ошибки.

Рассматривая далее ряд наших с г-ном Пановым парадигмальных расхождений, я имею целью не столько ответить на все его обвинения, на что здесь просто нет места, сколько разъяснить (обосновать) пункты авторской концепции, которые он считает ошибочными и которые могут выглядеть таковыми в глазах читателя его статьи.

### 1. Движущая сила эволюции: автогенез vs теория естественного отбора

Г-ну Панову очень не нравится мое понимание движущих сил эволюции, сформулированное следующим образом: «Будучи источником всего и вся в этом мире, взаимодействия сами себя развивают, являясь движущей силой эволюции, ее фундаментальной сущностью; которая не может быть обоснована и которая не нуждается в обосновании» (Хайтун 2005: 82).

Критикуя его, г-н Панов ни слова не говорит о том, что это мое понимание – *автогенетическое* и что оно имеет давние традиции, связанные с Р. Декартом, И. Ньютоном, И. Кантом, П. Лапласом, Э. Дарвином, Ж.-Б. Ламарком и другими замечательными авторами, включая современных. И это действительно странно, потому что в своей книге я говорю об автогенетической концепции (эволюция движется внутренними взаимодействиями) и о своей приверженности к ней достаточно подробно и откровенно.

Можно было бы думать, что г-ну Панову не нравится только моя *версия* автогенетической концепции. Ан нет: поскольку г-н Панов яростно защищает в своей статье от меня дарвинизм, вот уже полтора века противостоящий идее автогенеза, постольку можно сделать вывод, что он против автогенетической концепции как таковой. Так почему же он об этом не упоминает?

Мне кажется, все достаточно просто. Если бы г-н Панов объяснил, что речь идет только о моей версии *автогенетической* концепции и что сам он придерживается другой – дарвинистской, то ему пришлось бы признать, что здесь имеет место столкновение двух парадигм. И тогда пришлось бы сказать, что автор книги (Там же) имеет полное право придерживаться своих взглядов на движущие силы эволюции, а он, г-н Панов, – своих.

В этом случае у него было бы два пути. Либо попытаться опровергнуть автогенетическую концепцию как таковую (подобно тому, как я попытался сделать это с дарвинизмом), либо защитить ее, устранив неточности и возможные ошибки в моей версии автоэволюционизма. Вместо этого г-н Панов пошел по третьему – самому непритязательному – пути: возлагая, по сути дела, всю ответственность за идею саморазвития материи на меня, он пытается доказать ее несостоятельность, для чего обнаруживает у меня разнообразные «фактические ошибки». Типичный случай отождествления межпарадигмальных расхождений с внутрипарадигмальными ошибками.

Поскольку опровергнуть автогенетический тезис, согласно которому эволюция происходит благодаря саморазвитию материи, г-н Панов не в силах, он направляет свою критику на используемую мной терминологию. Прежде всего – на мое определение *фундаментальных сущностей*:

«На мой взгляд, имеет смысл говорить о *фундаментальных сущностях*, которые не могут быть обоснованы и которые не нуждаются в обосновании. В качестве примеров таких фундаментальных сущностей назовем время, пространство, материю, дальное действие, аддитивность переменных, вечность мира, его бесконечность, стохастичность и фрактальность» (Хайтун 2005: 81), к которым я отношу и сами себя развивающие взаимодействия, как это следует из цитаты, приведенной в начале настоящего раздела. Г-н Панов же считает движущей силой эволюции не «сами себя развивающие взаимодействия», а вовсе даже естественный отбор, потому ему обе мои приведенные формулировки не по сердцу. Особенно не нравится ему мое утверждение, что *идея саморазвития материи/взаимодействий не может быть обоснована и не нуждается в обосновании*: «Не согласимся – очень даже нуждается. Правдой является то, что движущие силы эволюции далеко еще не полностью поняты, но это вовсе не означает, что не стоит и пытаться их понять (обосновать)» (Панов 2009: 183).

Уверенный в справедливости дарвинистской концепции и в несправедливости автогенетической, г-н Панов решительно отказывает мне в праве взять вторую из них на веру. И вообще он критически относится к самой мысли о том, что какие-то понятия (утверждения) могут не нуждаться в обосновании: «...на мой взгляд, говорить о фундаментальных сущностях, которые *не нуждаются в обосновании*, совершенно неверно. По крайней мере, к таковым заведомо не относятся те фундаментальные сущности, которые в качестве примеров были упомянуты Хайтуном. Понятие фундаментальной сущности действительно присутствует в науке, но является функцией глубины достигнутого уровня познания природы. Например, свойство дальнего действия, которое казалось фундаментальным Ньютоном, и почему-то упомянуто среди фундаментальных сущностей Хайтуном... вовсе не фундаментально с точки зрения современной квантовой теории поля... Так что любая фундаментальная сущность на самом деле именно *нуждается* в обосновании ее на еще более фундаментальном уровне» (Там же: 181–182).

Я, однако, глубоко убежден в том, что отнюдь не все в этом мире может и должно быть обосновано: «Для верующего законы эволюции запущены Творцом, для неверующего – действуют просто потому, что действуют, иначе говоря – являются фактом природы... все ученые... изучают законы природы, происхождение же этих законов, будучи принципиально непознаваемым, находится вне компетенции науки» (Хайтун 2005: 202).

Одним из таких законов природы, происхождение которых непознаваемо, является, по моему мнению, закон эволюции, в соответствии с которым эволюция происходит в результате саморазвития материи. Этот закон природы можно постараться обосновать *феноменологически*, набрав достаточную сумму фактов (именно это я и попытался сделать в своей книге), но мы никогда не сможем обосновать его *теоретически* – в том

смысле, что мы не в силах понять, почему этот закон природы – в числе прочих – действует. Действует, потому что действует, и все тут.

Другое дело, что зачисление тех или иных утверждений в разряд фундаментальных сущностей (законов природы), которые не могут быть (теоретически) обоснованы и которые не нуждаются в таком обосновании, достаточно условно. И здесь можно согласиться с приведенными выше словами г-на Панова: «Понятие фундаментальной сущности действительно присутствует в науке, но является функцией глубины достигнутого уровня познания природы» (Панов 2009: 181).

О том же пишу и я в своей книге, может быть, недостаточно ясно: «Отбор сущностей в число фундаментальных, объясняющих другие сущности, в определенной мере произволен, подобно тому как в определенной мере произволен набор независимых координат, описывающих механическую систему» (Хайтун 2005: 81).

Вчера мы зачисляли дальнее действие в число фундаментальных сущностей, сегодня не зачисляем, а завтра, может быть, зачислим опять. И так – со всеми фундаментальными сущностями, упомянутыми г-ном Пановым из числа приведенных на с. 81 моей книги.

В затеянное г-ном Пановым обсуждение корректности или некорректности проводимой мной параллели между фундаментальными сущностями и трансценденталиями И. Канта (Панов 2009: 182–183) за недостатком места погружаться не стану. Главное здесь другое: если вы, как г-н Панов, убеждены, что *любая фундаментальная сущность нуждается в обосновании*, то это значит, что вы не верите в научные парадигмы как таковые (в его статье этот термин вообще не упоминается). Какие там парадигмы: если кто-то не может обосновать свое утверждение, то это свидетельствует о несостоятельности его точки зрения, и только. В частности, если Хайтун не может (и даже не берется) обосновать свой (а на самом деле – автогенетический) тезис об эволюции через саморазвитие материи, то это, конечно же, свидетельствует о несостоятельности этого тезиса.

Резко отрицательно относится г-н Панов и к тому, как я использую термин *взаимодействия*, фигурирующий у меня в формулировках основного автогенетического тезиса на равных с термином *материя*: у меня говорится то о саморазвитии *материи*, то о саморазвитии *взаимодействий*, то о саморазвитии *материи (взаимодействий)*, причем иногда все три варианта встречаются на одной странице (скажем, см.: Хайтун 2005: 82). Другими словами, я использую эти два понятия как синонимы, о чем прямо и пишу: «Понятия материи и взаимодействий – из одного куста понятий. Мы говорим материя – подразумеваем взаимодействия, мы говорим взаимодействия – подразумеваем материю» (Там же).

Г-н Панов же, приведя мое высказывание: «Вещество состоит из молекул, молекулы – из атомов, атомы – из элементарных частиц, элементар-

ные частицы представляют собой сгустки полей взаимодействий, так что вещество – это те же поля взаимодействий, только “сгустившиеся” и приобретшие благодаря этому новые свойства» (Хайтун 2005: 82), пишет по его поводу: «Оно (словоупотребление у Хайтуна термина “превращение взаимодействий”. – С. Х.) связано с нетрадиционным (как минимум) использованием термина “взаимодействие”... Это дает Хайтуну возможность никак не различать вещество, взаимодействия и энергию, что позволяет “превращение взаимодействий” трактовать и как “превращение энергии”, и как “превращение вещества”. Однако в действительности в физике существует четкое разделение между полями взаимодействий и полями материи – первые являются бозонными, вторые – фермионными, и поля материи обладают тем свойством, что они не могут “сгущаться” (в хорошо определенном в физике смысле) в отличие от полей взаимодействий. Те элементарные частицы, из которых состоят атомы – это фермионы, кванты полей материи, которые не только не являются сгустками полей взаимодействий, но и вообще не способны “сгущаться”. Хайтун почему-то игнорирует все эти давно сложившиеся понятия» (Панов 2009: 184–185).

Надо прямо сказать, что утверждение г-на Панова о том, что я «никак не различаю вещество, взаимодействия и энергию», не соответствует действительности. Скажем, процитированное г-ном Пановым и воспроизведенное здесь мной мое высказывание «Вещество состоит из молекул...» предваряется в книге фразой: «Материя – это вещество плюс поля взаимодействий» (Хайтун 2005: 82), из которой следует, что я различаю-таки вещество и взаимодействия. Раздел 4.3.4.1 моей книги называется «Потребление вещества и энергии» (Там же: 109–110), из чего видно, что я различаю также вещество и энергию. Взаимодействия и энергию я также различаю, определяя энергию как меру количества взаимодействий (Там же: 23).

Некорректна и характеристика проводимого г-ном Пановым «четкого разделения» между полями взаимодействий и полями материи как якобы общепринятого в физике. Некоторые физики его действительно проводят, однако сколько-нибудь общепринятым оно в современной физике отнюдь не является, отсутствуя, например, в Большом энциклопедическом словаре «Физика», который различает электромагнитное и гравитационное поля и поле ядерных сил, с одной стороны, и *волновые поля*, присущие в силу корпускулярно-волнового дуализма всем элементарным частицам – с другой, и который объединяет все эти поля термином *физические поля* (Физика... 1999: 72, 572). Противопоставление полей взаимодействий полям материи, на мой взгляд, и на самом деле трудно принять, потому что при таком противопоставлении поля взаимодействий следует признать нематериальными, тогда как в физике все физические поля принято трактовать как материальные (Физика... 1999: 572).

«Поля материи», о которых говорит г-н Панов, – это, скорее, волновые поля, однако и их противопоставление полям взаимодействий типа электромагнитного поля также, на мой взгляд, достаточно зыбко, ибо и электромагнитное поле представимо как волновое поле фотонов. Определенный скепсис вызывает у меня также тезис г-на Панова о том, что поля материи, в отличие от полей взаимодействий, не могут «сгущаться» в элементарные частицы. Все физические поля представимы как элементарные частицы (элементарные частицы являются квантами физических полей) и в этом смысле могут в них сгущаться.

Другое дело, что я в своей книге трактую термин *взаимодействия* расширительно, охватывая им не только все физические поля, но также и органические и социальные явления и трактуя его при этом как синоним понятия *материи*. Делаю я это вынужденно, потому что при изложении вопроса о движущих силах эволюции мне нужен какой-то термин, который можно было бы распространить на физические, органические и социальные явления и которым я мог бы заменять иногда термин *материя*, не очень принятый в современной философии, в связке «саморазвитие материи». Оба эти термина – *взаимодействия* и *материя* – не совсем удачны, однако приходится их использовать за неимением других.

Критикует г-н Панов также и мое использование терминов *теоретическое познание*, *саморазвитие* (которому он почему-то предпочитает термин *самоорганизация*), *превращение взаимодействий* и некоторых других. Странно только то, что *вся его критика моей версии автогенетической концепции сводится к обсуждению терминов*. Если бы даже г-н Панов оказался при этом «победителем», то это не нанесло бы моей эволюционной концепции урона, лишь заставив меня – что было бы только полезно – подчистить терминологию. К сожалению, не получается и этого, ибо, как было показано выше, терминологическая дискуссия ведется г-ном Пановым недостаточно корректно.

По-видимому, сознавая недостаточность критики моей эволюционной концепции, г-н Панов противопоставляет ей дарвинизм, защите которого уделяет немало страниц своей статьи. И это было бы нормально, поскольку обе концепции – автогенетическая и дарвинизм – имеют право на жизнь, если бы он не использовал дарвинизм как кувалду: «Таким образом, критика дарвинизма, предпринятая Хайтуном, представляется несостоятельной, а его собственная авторская концепция также неудовлетворительна. В связи с этим значительная часть материала 4-й и 5-й глав, посвященных механизмам эволюции, не выдерживает критики» (Панов 2009: 196).

Такого рода аргументация с позиций «победившего дарвинизма» была характерна для времен сталинизма, сегодня же, когда нормой постепенно становится все более мирное сосуществование разных парадигм, она звучит странно. Автогенетикам вот уже полтора века не удается пере-

убедить дарвинистов, дарвинистам – автогенетиков, и с этим пока ничего не поделаешь. Как сказал Макс Планк в своей нобелевской лекции, та или иная точка зрения побеждает не путем переубеждения оппонентов, а в результате их вымирания, молодые же ученые «почему-то» оказываются приверженцами побеждающей точки зрения. Посмотрим, кто вымрет раньше, автогенетики или дарвинисты...

На этом обсуждение дарвинизма можно было бы и закончить, если бы г-н Панов не обнаружил, как водится, в моей критике дарвинизма «фактические ошибки». Разберемся.

Прежде всего г-н Панов не заметил, что я полемизирую в своей книге не с Ч. Дарвином, а с *дарвинизмом*, что не одно и то же. Дарвин признавал, например, наследование приобретаемых особью при жизни признаков, тогда как дарвинизм его отвергает. К тому же «Происхождение видов» выдержало за жизнь Дарвина шесть изданий, и в каждое новое издание он вносил изменения, дабы учесть поступавшие возражения оппонентов, что сделало его концепцию, как утверждают злопыхатели-антидарвинисты, к коим принадлежит и автор этих строк, излишне размытой (противоречивой).

Детальную критику Ч. Дарвина можно найти, например, в книгах Ю. В. Чайковского (1990; 2003; 2006), мы же сосредоточимся на дарвинизме, точнее – на составляющем его ядро естественном отборе, который считается здесь формообразующим фактором органической эволюции и включает в себя три компонента (Хайтун 2005: 172–173):

- 1) возникновение множества наследуемых малых случайных («направленных во все стороны») мутаций;
- 2) выживание наиболее приспособленных из них в результате конкуренции особей и их взаимодействия со средой;
- 3) аккумуляция выживающих на протяжении ряда поколений малых мутаций в адаптивные и/или прогрессивные признаки.

Вторая компонента – это борьба за существование, которую часто некорректно отождествляют со всем естественным отбором; она вполне реальна, и не только в органической эволюции, возражения же у недарвинистов вызывают первая и третья компоненты.

Парируя мои аргументы против дарвинизма, г-н Панов делает несколько «интересных» утверждений. Первое из них: оказывается, никто «не отказывает в самоорганизации... органическому миру – и в первую очередь дарвинисты. Идея самоорганизации прекрасно сочетается с дарвинизмом» (Панов 2009: 187).

Мне уже приходилось встречать этот тезис у дарвинистов, преуспевших за долгие годы полемики с недарвинистами в подобного рода казуистике. Как показывает приведенное выше разложение естественного отбора на три компонента (которого г-н Панов в своей статье не приводит), в теории естественного отбора фигурируют *только* взаимодействия организмов со средой, органической и/или неорганической. Внутри организмов,

полагают дарвинисты, возникают лишь малые случайные (ненаправленные) мутации, которые уничтожаются или не уничтожаются средой, в результате чего происходит накопление малых изменений в направлении, задаваемом средой. Так что именно среда, согласно дарвинизму, заставляет живое эволюционировать через посредство «передаточного механизма» естественного отбора. Главный изъян этой теории, с точки зрения автогенетиков, как раз и состоит в том, что в ней игнорируется формообразующая роль внутренних взаимодействий, благодаря которым в реальности только и может осуществляться саморазвитие/самоорганизация живых систем.

Второе «интересное» утверждение г-на Панова возникает в связи с моим вторым аргументом против дарвинизма: «Во-вторых, темпы прогрессивной эволюции живого существенно *превышают* темпы эволюции неорганической среды, так что сама по себе адаптация к среде не могла бы двигать прогрессивную эволюцию живого. Адаптируясь к среде, живое только следовало бы за средой, как нитка за иглой» (Хайтун 2005: 173).

Этот аргумент, пишет г-н Панов, «совершенно несостоятелен именно из-за того, что является следствием очень примитивного толкования термина “среда”... Жизнь сама под себя создает среду, в ней же и существует. Более того, одним из основных компонентов среды (а часто и основным) для каждого отдельно взятого существа являются другие живые существа... Да и компоненты “неорганической среды” полностью переработаны жизнью – это кислород воздуха, органика почвы и т. д.» (Панов 2009: 188).

В данном случае, возможно, я и на самом деле выразился недостаточно четко, но это только потому, что мне и в голову не могло прийти, что меня истолкуют так превратно. Но зачем же изображать меня таким слабомышленным? Разумеется, мне известно, что в среду обитания любого организма входят другие организмы и что органический мир приспособливает – по мере возможности – неорганическую среду обитания под себя. Да и г-н Панов знает, что я это знаю, о чем и пишет на с. 190 своей статьи. Понимает он и то, что в данном конкретном случае у меня речь идет только и исключительно *обо всем органическом мире на Земле*, предупреждая такое прочтение моего второго аргумента следующим образом:

«Никакой “неорганической среды”, отдельной от биосферы, на Земле не существует с момента зарождения жизни... Нет никакой отдельной эволюции “неорганической среды”, за которой могла бы “следовать” эволюция живого “как нитка за иглой”» (Панов 2009: 188).

Однако это возражение г-на Панова несостоятельно, ибо в нашей власти трактовать понятие *органический мир* в его противопоставлении среде столь расширительно, сколь это только может потребоваться.

В самом деле, жизнь покрывает поверхность Земли тонкой пленкой. Мысленно вырежем слой этой поверхности такой толщины, чтобы он включал в себя все живое и всю преобразованную им под себя среду обитания. Для этого нашему слою поверхности достаточно содержать в себе всю земную атмосферу, весь Мировой океан и несколько километров толщи земной коры. Остальная среда, включающая в себя все, что находится внутри Земли, и все, что находится вне атмосферы, – неорганическая. Фактом является то, что органический мир Земли – в нашем его расширительном понимании – эволюционирует гораздо быстрее неорганической среды. Вот этот факт, на мой взгляд, не только не «бьется», но и не поддается объяснению в рамках дарвинизма.

Г-н Панов упрекает меня в отсутствии экспериментальных доказательств того, что формирующим фактором органической эволюции и на самом деле являются направленные макромутации, «сами собой» возникающие под давлением взаимодействий с последующим отбором наиболее адаптивных из них в ходе борьбы за существование. Упрек принимаю, однако он справедлив и в отношении всех недарвинистов, которые такого рода экспериментальными данными не располагают. Точнее, *не располагали* до недавнего времени, потому что за последние 15–20 лет ситуация в этой области, судя по всему, кардинально изменилась.

Прорыв произошел в новом научном направлении – *эволюционной биологии развития* (evolutionary developmental biology, или сокращенно *evodevo*). Работающие здесь исследователи все увереннее говорят, что органическая эволюция осуществляется именно через макромутации, для появления которых оказывается достаточно изменений в нескольких и даже одном-двух генах. Некоторое представление о конкретных генетических механизмах рождения макромутаций дают статьи (Гилберт, Опиц, Рэфф 1997; Корочкин 2002a), а также книга (Корочкин 2002b), в которой особый интерес представляют раздел «Гипотеза Э. Льюиса о механизме функционирования гомеостатических генов и ее эволюционный смысл» в главе 6, а также вся глава 7 «Онтогенез и эволюционное развитие»<sup>1</sup>.

## 2. Вектор эволюции и эволюционный принцип минимакса

Вопрос о «принципе интенсификации метаболизма», к которому г-н Панов относится чрезвычайно критически, чрезвычайно же им и запутан. Начать с того, что такого принципа у меня нет, его вводит сам г-н Панов:

«Я для удобства здесь ввожу термин “принцип интенсификации метаболизма”. Хайтун вместо этого использует термин “*минимаксимизация метаболизма*”, но здесь нет возможности пояснить детали, относящиеся

<sup>1</sup> Считаю своим приятным долгом поблагодарить за информацию о современной ситуации в эволюционной биологии развития мою коллегу, профессионального биолога Е. А. Горюховскую, которая любезно предоставила мне также статью Л. И. Корочкина.

к такому словоупотреблению, поэтому я использую более простой термин» (Панов 2009: 184).

Простота хуже воровства. Именно это «упрощение терминологии», донельзя искажающее мою точку зрения, позволяет г-ну Панову обнаружить ущербность (им самим введенного) принципа. За тем, что г-н Панов называет «принципом интенсификации метаболизма», у меня стоят *два* разных тезиса.

*Первый тезис.* Обобщение множества фактов, относящихся к универсальной эволюции, приводит к выводу, что вектор эволюции безусловно существует, имея несколько компонент:

- 1) возрастание сложности и разнообразия форм;
- 2) интенсификация «метаболизма» разной природы, включая энергообмен и обмен веществ, химические метаболизмы и «метаболизмы» социальные;
- 3) интенсификация и расширение круговоротов энергии и вещества;
- 4) рост связанности «всего со всем» и открытости систем (системы становятся все более автопойэтическими);
- 5) нарастание степени фрактальности эволюционирующих систем и Вселенной в целом;
- 6) нарастание степени негауссовости распределений и др.

Г-н Панов в своей статье вообще не касается вектора эволюции, тогда как для меня интенсификация метаболизма в ходе эволюции – эмпирический факт, столь же фундаментальный, как и, скажем, гравитация, законам которой мы вынуждены подчиняться. Интенсификация метаболизма в ходе эволюции, на мой взгляд, – тоже закон природы, которому мы – люди на Земле – обязаны следовать, чтобы не погибнуть.

*Второй тезис:* в любом макроскопическом фрагменте наблюдаемого мира максимизируется скорость процессов превращения друг в друга разных форм взаимодействий, ведущих к последующей интенсификации таких процессов, и минимизируется скорость процессов превращения друг в друга разных форм взаимодействий, не ведущих к дальнейшей интенсификации таких процессов.

Это и есть мой *эволюционный принцип минимакса*, согласно которому эволюционное соревнование проигрывают как системы, интенсифицирующие метаболизмы недостаточно быстро, так и системы, делающие это слишком быстро (с перерасходом ресурсов). Вот этот принцип, который в книге (Хайтун 2005) обосновывается достаточно детально на с. 99–127 основного текста и на с. 421–440 приложения «Неравновесные вариационные принципы», г-н Панов и «упростил» до «принципа интенсификации метаболизма», убрав минимизационную сторону эволюционных процессов интенсификации метаболизма. Отсюда и идут его вполне обоснованные возражения против «принципа интенсификации метабо-

лизмов»: «...экономика СССР была склонна порождать чрезвычайно энерго- и ресурсозатратные процессы, характеризующиеся исключительно высоким удельным “уровнем метаболизма”, но это ее отнюдь не спасло. Напротив, современные рыночные экономики стремятся к экономии ресурсов и энергии, всеми силами снижая такого рода “метаболизм”... экономики СССР и Германии были военными режимами, где уровень “военного метаболизма” был колоссальным. И это также вело их к краху, поскольку вся экономика была затратной по определению» (Панов 2009: 168–169).

Здесь все верно и все в полном соответствии с эволюционным принципом минимакса. Именно потому, что экономики СССР и нацистской Германии были более затратными, они проиграли в эволюционном соревновании менее затратным экономикам Запада (минимизационная сторона принципа минимакса), обеспечивающим сегодня при всей экономичности их ресурсопотребления более высокую интенсивность метаболизмов (максимизационная сторона принципа минимакса).

Еще одно возражение г-на Панова связано с ограниченностью ресурсов планеты, которая, как он (и не только он) полагает, стоит на пути дальнейшей интенсификации метаболизмов (потребления): «Какое-то время, несомненно, вестернизация (кейнсианизация, по Хайтуну) мировой экономики будет иметь место... Однако... над современной рыночной (кейнсианской) экономикой довлел проклятье “общества потребления”... уровень потребления в развитых странах столь велик, что планетарные ресурсы принципиально не в состоянии обеспечить его всему многомиллиардному населению Земли... Либо всеобщая вестернизация должна сопровождаться резкой депопуляцией (что может означать какие-то очень драматические события), либо она должна пойти по некоторому парадоксальному пути, сопровождаемому крайне радикальным снижением уровня потребления ресурсов на душу населения» (Там же: 174).

Это возражение мне хорошо известно, и мой ответ на него состоит в обращении к опыту органического мира: «Одним из главных механизмов, обеспечивающих сохранение жизни, является биотический круговорот, в котором решается задача длительного существования жизни при ограниченности доступного запаса минеральных элементов, составляющих ее субстрат» (Камшилов 1979: 132).

В условиях ограниченности ресурсов планеты два противоположных условия: 1) требуемая, как я утверждаю, законами эволюции перманентная интенсификация производства и потребления; 2) обеспечение экологического равновесия со средой – диктуют преобразование производства и потребления в *круговороты* вещества и энергии. Решение этой задачи потребует гигантских инвестиций, на которые докейнсианская (индустриальная) экономика попросту не способна. Такова, во всяком случае, моя точка зрения, на которую я, хочу того г-н Панов или не хочет, имею право. О роли круговоротов в эволюции социального мира рассказывается

как в книге (Хайтун 2005), о чем г-н Панов не упоминает, так и – более подробно – в книгах (Он же 2006; 2009a).

### 3. Фракталы

Очень строг со мной г-н Панов, когда речь заходит о фракталах: «...Хайтун понятие фрактальности трактует весьма нетрадиционным образом, и при этом еще совершает некоторые фактические ошибки» (Панов 2009: 199).

Должен, однако, отметить некую странность: все поднимаемые им вопросы подробно разобраны мной в большом приложении «Синергетика и фракталы» рецензируемой им книги (Хайтун 2005: 357–420; см. также монографию: Он же 2007), г-н Панов же выдвигает свои претензии ко мне так, будто он этого приложения и в глаза не видел.

Для г-на Панова исходным и абсолютным является определение фрактала как самоподобного множества, которое он дает, ссылаясь на «Википедию» и «Физическую энциклопедию». Однако не все так просто: «Строгого и полного определения фракталов пока не существует» (Потапов 2002: 12).

Определение фракталов как самоподобных структур идет от их «отца» Б. Мандельброта. Позже он отходит от этой точки зрения, правда, сохраняя лицо, говорит о *диагональном самоподобии*: «При диагональном аффинном преобразовании коэффициенты растяжения вдоль разных координатных осей различны... в противоположность случаю строго самоподобных множеств, когда фрактальная размерность единственна, в общем случае необходимо (вводить) несколько различных фрактальных размерностей» (Мандельброт 1988: 10).

По всей видимости, и диагональное самоподобие не является неотъемлемым свойством фрактала. Тот факт, что в общем случае фрактал характеризуется значениями *нескольких* фрактальных размерностей, то есть имеет, как говорят, *мультифрактальную* природу, сегодня уже является общим местом: «Во многих интересных случаях встречаются несамоподобные множества. Например, в случае броуновской частицы ее координаты и время являются разными физическими величинами, и вряд ли можно ожидать, что  $x$  и  $t$  будут иметь одинаковые коэффициенты подобия» (Федер 1991: 194).

Мультифрактален, то есть несамоподобен, к примеру, уже первый фрактал, построенный в 1963 г. средствами численного эксперимента, – странный аттрактор Лоренца (Dominguez-Tenreiro, Roy, Martinez 1992)<sup>2</sup>.

Переходим к вопросу о том, больше или меньше фрактальная размерность фрактала его топологической размерности: «Хайтун... неверно пишет о соотношении фрактальной (хаусдорфовой) и топологической раз-

<sup>2</sup> Все сказанное здесь о самоподобии можно найти на с. 410–411 указанного выше приложения книги (Хайтун 2005). См. также: Он же 2007: 203–204.

мерности. Известно, ...что одним из *определений* фрактала является то, что фрактал – это геометрическая фигура, у которой хаусдорфова размерность строго *больше* топологической размерности (Ханин 1998: 371). Между тем, Хайтун утверждает, что топологическая размерность фрактала всегда больше хаусдорфовой, да при этом подчеркивает, что он опровергает классиков, в частности Б. Мандельброта, который и ввел понятие фрактала.

Это недоразумение основано на том, что Хайтун использует определение топологической размерности, которое придумал он сам: “Минимальная размерность пространства, в котором может быть размещен фрактал, является его *топологической размерностью*” (Хайтун 2005: 142). Классики же оперируют совсем другим определением топологической размерности фрактала, поэтому критика классиков Хайтуном совершенно лишена смысла» (Панов 2009: 201).

Странно, что используемое мной определение топологической размерности г-н Панов взял из основного текста моей книги, не упоминая о том, что на с. 407–408 приложения обсуждаются три существующие определения топологической размерности (см. также: Хайтун 2007: 198–199).

В основании подхода Анри Лебега лежит идея сопоставления размерности множества с размерностью покрывающих его «кубиков», которая (идея) задействована, как мы увидим далее, и при определении фрактальной размерности. Здесь топологическая размерность фрактального множества – это минимальная целочисленная размерность измерительных «кубиков», при которой мера этого множества еще равна нулю (см. далее текст, следующий за выражением (2)).

В аналитической геометрии топологическая размерность множества определяется как *минимальное число координат, необходимых для фиксации его произвольной точки*:

«С точки зрения аналитической геометрии размерность фигуры равна числу координат, нужных для определения положения лежащей на этой фигуре точки; например, положение точки на кривой определяется одной координатой, на поверхности – двумя координатами, в трехмерном пространстве – тремя координатами» (Математический... 1988: 514).

Подход Лейтзена Брауэра (который математически оформил идею Анри Пуанкаре) в варианте Менгера – Урысона был использован Б. Мандельбротом (Mandelbrot 1977: 291). Здесь топологическая размерность определяется по индукции. Смотрят, множеством какой минимальной топологической размерности может быть рассечено на две части исследуемое множество, после чего к этой минимальной размерности прибавляют единицу, получая искомую размерность. Линия может быть разделена на две части точкой, топологическая размерность которой по опре-

делению берется равной 0, поэтому топологическая размерность линии равна  $0 + 1 = 1$ . Поверхность может быть разделена на две части линией, поэтому ее топологическая размерность равна  $1 + 1 = 2$ . И т. д.

Как видим, в этих случаях топологическая размерность по Брауэру совпадает с «геометрической», а обе эти размерности совпадают с определением по Лебегу.

Так что ничего некорректного в использованном мной в основном тексте книги определении топологической размерности нет, ибо «минимальная размерность пространства, в котором может быть размещен фрактал», и «минимальное число координат, необходимых для фиксации произвольной точки фрактала», – суть одно и то же.

Фрактальная размерность Хаусдорфа вводится следующим образом (Farmer, Ott, Yorke 1983). Рассмотрим покрытие данного множества  $d$ -мерными «кубиками», обозначая длину ребра  $i$ -го «кубика»  $\varepsilon_i$ . Определим меру («объем») множества  $I_d(\varepsilon)$  выражением:

$$I_d(\varepsilon) = \inf \sum_i \varepsilon_i^d, \quad (1)$$

где нижняя грань берется по всем возможным покрытиям, удовлетворяющим условию  $\varepsilon_i \leq \varepsilon$ .

«Пусть теперь

$$I_d = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} I_d(\varepsilon). \quad (2)$$

Хаусдорф показал, что существует критическая величина значения  $d$ , выше которой  $I_d = 0$ , а ниже которой  $I_d = \infty$ . Это критическое значение,  $d = D_H$ , является размерностью Хаусдорфа» (Там же: 158).

Таким образом, величина  $I_d$  имеет смысл меры множества только при использовании измерительных «кубиков» размерности  $D = d_H$ . В «кубиках» *большей размерности мера фрактала равна нулю*, в «кубиках» *меньшей – бесконечности*.

Минимальная целочисленная размерность измерительных «кубиков», при которой мера данного фрактального множества еще равна нулю (она, естественно, равна нулю и при использовании «кубиков» *большей размерности*), является *топологической размерностью* этого множества, которая, как видим, *превышает* фрактальную размерность.

В качестве примера можно привести канторово множество «средних третей»<sup>3</sup>, фрактальная размерность которого равна 0,631 (Хайтун 2005:

<sup>3</sup> Канторово множество «средних третей»: отрезок единичной длины делится на три равные части, после чего средняя выкидывается. С двумя оставшимися производится та же процедура, и так до бесконечности.

406), тогда как топологическая его размерность равна 1, поскольку все его точки расположены на одномерном отрезке. По Брауэру, это множество может быть разделено на две части точкой.

Напротив, Б. Мандельброт, «отец» фракталов, считает, что фрактальная размерность *больше* топологической (Mandelbrot 1977: 15). Следом за ним эту точку зрения разделяют сегодня многие авторы, включая г-на Панова.

Для самого Мандельброта главным (prime) примером природного (natural) фрактала, по его словам (*Ibid.*: 4), служит броуновское движение на плоскости. Считая его ломаную траекторию *линией*, он отождествляет топологическую размерность фрактала, образованного траекторией, с равной 1 топологической размерностью этой линии: «Может быть показано, что броуновский след достаточно подобен кривой линии [sufficiently curve-like], чтобы иметь топологическую размерность  $D_T = 1$ » (*Ibid.*: 90).

Поскольку же фрактальная размерность плоского броуновского движения больше 1 и меньше 2, постольку и Мандельброт приходит к своему выводу.

Мандельброт, на мой взгляд, не принимает во внимание, что из-за стохастического характера движения броуновской частицы генерирующая его траектория *локально неустойчива*, а из-за необратимости броуновского движения она еще и *разрывна в каждой точке, не являясь линией* (каждая следующая точка траектории находится на некотором случайном расстоянии от предыдущей в случайном же направлении). Поэтому она не может быть разделена на две части точкой, для этого нужна *линия*, если речь идет о броуновском движении на плоскости, что делает топологическую размерность (по Брауэру) данного фрактала равной 2; в случае броуновского движения в трехмерном пространстве его «траектория» из-за ее размытости может быть разделена на две части только *поверхностью*, что делает топологическую размерность данного фрактала равной 3.

Г-н Панов считает это мое утверждение ошибочным: «...на с. 142 Хайтун утверждает, что траектория броуновской частицы вообще не является линией и разрывна в каждой точке. Это неверно. Если считать броуновскую частицу классической, то она будет иметь и непрерывную траекторию, так как классические объекты не умеют перепрыгивать с места на место, минуя промежуточные точки. Если рассматривать броуновскую частицу как квантовый объект, то она вообще не обладает траекторией, и вопрос о свойствах траектории снимается» (Панов 2009: 202).

Г-н Панов проявляет элементарное незнание предмета, конкретно – теории динамического хаоса и синергетики, исследующих возникновение динамического хаоса прежде всего в классических – неклассических – динамических системах (хотя, конечно, здесь изучается и квантовый хаос).

Используемые здесь вычислительные эксперименты сочетают компьютерные расчеты с аналитическими. Численно интегрируя уравнения

движения данной динамической системы, «руками» («в компьютере») воссоздают картину заполнения ее фазового пространства решением уравнений, то есть «фазовой траекторией». Слова «фазовая траектория» здесь взяты в кавычки потому, что, как показали эти эксперименты, само это понятие в области динамического хаоса в значительной степени теряет свой смысл. В эргодической и КАМ-теории фазовая траектория неявно полагается *непрерывной «более или менее гладкой» линией*, поскольку считается само собой разумеющимся, что решение дифференциальных уравнений движения является непрерывной «более или менее дифференцируемой» функцией своих переменных. Оказалось, однако, что в областях стохастического движения фазовая траектория ветвится или как-то иначе изменяет свою структуру (становится неустойчивой) «в каждой точке», что и не позволяет считать ее линией (подробнее обо всем этом см.: Хайтун 2007).

#### 4. Фрактальность Вселенной

Запретительно жестко обходится со мной г-н Панов и при обсуждении моего анализа космической эволюции (Панов 2009: 220–226), изображая при этом меня, как всегда, профаном-одиночкой. Говоря, например, о несостоятельности моей критики инфляционной модели Большого взрыва, он не упоминает об аналогичном отношении к этой модели и лежащим в ее основе сингулярностям некоторых названных мной в этой связи (Хайтун 2005: 237) известных космологов, включая Э. Б. Глинера (2002). Поскольку я в этом вопросе не одинок, постольку – в очередной раз – речь должна идти не о моей «фактической ошибке», но о нашем с г-ном Пановым парадигмальном расхождении.

Центральный пункт его критики в этом разделе – моя *гипотеза* о фрактальности Вселенной: «...глобальная фрактальность Вселенной – выдумка, не имеющая никакого отношения к реальности и прямо противоречащая наблюдениям» (Панов 2009: 223).

Здесь поразительно многое. Во-первых, г-н Панов «не замечает», что тезис о фрактальности Вселенной у меня – это только *гипотеза*, которую высказывают и некоторые космологи (на с. 226 моей книги процитирована в этой связи И. К. Розгачева [1993]).

Во-вторых, г-н Панов игнорирует тот факт, что наблюдаемый мир зародился в его нынешней ипостаси около 13,7 млрд лет назад и ограничен для нас *горизонтом видимости*; так как никакой сигнал не может распространяться быстрее света, то мы ничего не знаем о Вселенной за пределами расстояний, превышающих 13,7 млрд св. лет. Все, что мы знаем об однородности или неоднородности Вселенной, относится исключительно к тому ее небольшому участку, который ограничен для нас горизонтом видимости и который иногда именуется нашей Метагалактикой. Поэтому утверждать, что гипотеза о фрактальности Вселенной – это «выдумка, не



имеющая никакого отношения к реальности и прямо противоречащая наблюдениям», значит говорить от имени Господа Бога, на что, полагаю, г-н Панов не претендует.

В-третьих, многословно оспаривая на с. 221–222 своей статьи мой тезис о том, что «средняя плотность вещества быстро падает до умопомрачительно малых величин при переходе от Солнечной системы к нашей Галактике и нашей Метагалактике» (Хайтун 2005: 144), г-н Панов почему-то не приводит простенькую цепочку цифр, на которую я опираюсь и которая, по моему разумению, не «бьется»: «Плотность Солнца равна  $1,416 \text{ г/см}^3$ , нашей Галактики –  $10^{-24} \text{ г/см}^3$ , ...нашей Метагалактики –  $2 \cdot 10^{-31} \text{ г/см}^3$ ... Продолжая эту последовательность цифр, естественно предположить, что с неограниченным ростом объема фрагментов Вселенной их плотность стремится к нулю. Другими словами, что “бесконечная” плотность Вселенной равна нулю» (Там же: 225).

Умалчивает г-н Панов и о том, что я в этом вопросе опять же не одинок и что предположение о нулевой плотности Вселенной было задолго до меня высказано российским космологом, «отцом» антропного принципа и моим коллегой Г. М. Идлисом (Идлис 1956; Хайтун 2005: 226).

В-четвертых, г-н Панов – как это у него водится – почему-то не касается моего главного «ноу-хау» во всей этой истории со Вселенной – тезиса о том, что плотность «настоящих» фракталов, то есть фракталов в строгом математическом смысле слова, тождественно равна нулю.

Этот тезис базируется на определении фрактальной размерности Хаусдорфа (см. выражения (1–2) и связанный с ними текст), из которого следует, что при использовании измерительных «кубиков» размерности  $d$ , превышающей собственную размерность множества  $D$ , мера множества тождественно равна нулю. Из этого же определения мы знаем также, что фрактальная размерность фрактала  $D$  меньше топологической его размерности  $D_T$ , то есть размерности пространства, в котором он расположен. Сопоставляя, заключаем, что *мера фрактала в единицах топологической размерности тождественно равна нулю*. Нулю, следовательно, равна и *плотность* фрактала, которая всегда измеряется в измерительных «кубиках» обычной, то есть топологической, размерности.

Поясним, как такое может быть, на простом примере. Представим себе бесконечно тонкий лист бумаги, которым мы пытаемся заполнить комнату, вырезая из него бесконечно узкую полоску. Такой лист бумаги – двумерный, его объем и масса равны нулю. Понятно, что заполнить им трехмерный объем толком не удастся, бумага образует «всюду пустую» структуру нулевой плотности (массы). Вот эта «бумажная» структура и может служить образом фрактала.

Чтобы наша «бумажная» структура была более точным подобием фрактала, необходимо еще разорвать вырезаемую из листа бумаги бесконечно узкую полоску на «атомы» так, чтобы каждая следующая точка оказалась на некотором случайном расстоянии от предыдущей в случайном же направлении от нее, а все точки располагались бы, тем не менее, не совсем случайным образом, образуя иерархизованную структуру, позволяющую говорить о «детерминированном хаосе».

Так как плотность «настоящих» фракталов равна нулю, то реальные структуры, которые сегодня принято называть фрактальными, являются только *фракталоподобными*, имея фрактальную структуру лишь в *конечном диапазоне масштабов*. Только Вселенная – если она бесконечна – может быть «настоящим» фракталом, имея в этом случае нулевую плотность. Моя гипотеза состоит именно в том, что так и обстоят дела «на самом деле», и ничего заведомо «ошибочного» в ней нет. Гипотеза как гипотеза.

Г-н Панов, однако, окончательно решивший, что эта моя гипотеза ошибочна, объявляет ошибочным и выведенный мной из нее тезис, согласно которому наша Метагалактика замкнута, представляя собой гигантскую разреженную черную дыру. Между тем я просто рассуждаю логически.

Если Вселенная и на самом деле фрактальна, будучи бесконечной и имея нулевую плотность, то она не может вся ни расширяться, ни сжиматься. Это значит, что – опять же в предположении фрактальности Вселенной – Большого взрыва она не переживала, а приключился он только с тем участком Вселенной, в котором мы живем и который называют нашей Метагалактикой.

Если это так, рассуждаю я далее, то – из-за конечности нашей Метагалактики – в ней должны наблюдаться *центр расширения и радиальные градиенты* плотности, температуры и т. д., подобно тому, как они наблюдаются при химическом, ядерном или каком угодно еще взрыве конечной системы, о чем я говорю в своей книге достаточно подробно на с. 239 и чего г-н Панов «не замечает». Для объяснения их отсутствия я и выдвигаю гипотезу, согласно которой наша Метагалактика является черной дырой. Из-за ее замкнутости, полагаю я, наша расширяющаяся Метагалактика и должна быть макрооднородной, не имея центра расширения и радиальных градиентов плотности и т. д.

Центральным здесь у меня является рассуждение (Хайтун 2005: 243–244), которое г-н Панов опять же «не замечает». В качестве геометрической аналогии трехмерного замкнутого безграничного пространства в общей теории относительности используется двумерная поверхность трехмерной сферы. Такова, к примеру, поверхность земного шара, однако в нашем случае сфера еще и расширяется. Поместим на ее поверхность

двухмерный газ взаимодействующих точек, имитирующий трехмерный «газ» звезд и галактик, скоплений галактик и т. д. Если эти взаимодействия подобны реальным, то аналогично тому, как это происходит в наблюдаемом мире, точки будут образовывать фракталоподобные структуры. По мере расширения сферы плотность газа на ее поверхности уменьшается, точки разбегаются, не имея центра расширения. Если радиус сферы растет с постоянной скоростью, точки на сфере разбегаются в соответствии с законом Хаббла в его двухмерном варианте.

В самом деле, пусть радиус сферы  $R$  растет с постоянной скоростью  $V$ . Тогда расстояние  $r$  между двумя точками на сфере увеличивается со скоростью:

$$v = V \frac{r}{R} = \frac{V}{R} r = \frac{1}{t} r = Hr. \quad (3)$$

Это и есть закон Хаббла.

Все это, только в трехмерном пространстве, мы и наблюдаем в нашей Метагалактике.

Эта же аналогия позволяет понять, каким образом макрооднородность нашей замкнутой Метагалактики (отсутствие у нее центра расширения и радиальных градиентов плотности, температуры и пр.) уживается с фрактальностью (фракталоподобностью) составляющих ее структур. Из-за симметрии задачи газ на двухмерной сферической поверхности не будет иметь выделенных участков и направлений, оставаясь однородным и изотропным в том смысле, что находящиеся на ней равные по площади участки будут иметь примерно одинаковую плотность точек, тогда как участки большей площади будут иметь меньшую плотность.

Что касается приведенного мной (Хайтун 2005: 243) высказывания классиков: «В закрытой... модели вышедший из исходной точки луч света в конце концов может прийти до «противоположного полюса» пространства... при дальнейшем распространении луч начнет приближаться к исходной точке» (Ландау, Лифшиц 1962: 390), – то мне, конечно же, известно, что оно относится к замкнутой Вселенной, а не к замкнутой Метагалактике, однако, полагаю я, в данном случае это несущественно. Если обратиться к только что рассмотренной аналогии с двухмерной поверхностью трехмерной сферы, то с лучом света<sup>4</sup> на ней все именно так и будет обстоять, как это описано у Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица.

Обходит молчанием г-н Панов и предложенный мной наблюдательный эксперимент (Хайтун 2005: 245–249). А именно: я предлагаю использовать ускорение космологического расширения, которое было открыто в 1998–1999 гг. по «сверхнормативному» убыванию яркости сверхновых

<sup>4</sup> Точнее – с геодезической линией, длина которой между двумя точками в искривленном гравитацией пространстве равна кратчайшему расстоянию между ними.

определенного типа с расстоянием и которое проявляется на расстояниях, превышающих 1 млрд св. лет. Это космологическое ускорение может быть истолковано, на мой взгляд, как эффективная добавка расстояния<sup>5</sup>, которая может оказаться проявлением *начавшегося не так давно размыкания черной дыры*, каковой наша Метагалактика все еще является на протяжении значительной части ее объема (радиусом около 1 млрд св. лет).

Если наша космологическая гипотеза – относительно фрактальности Вселенной и замкнутости нашей Метагалактики – верна и поскольку маловероятно, чтобы Земля (наша Галактика) находилась точно в центре нашей Метагалактики, то в этом ускорении должна наблюдаться *сферическая асимметрия*, что может быть подвергнуто проверке посредством наблюдений за теми же сверхновыми.

## 5. Энтропия и беспорядок

Снова и снова г-н Панов изображает меня совершающим одну «фактическую ошибку» за другой кустарем-одиночкой. Этот прием он использует и при обсуждении вопроса о соотношении энтропии и беспорядка. Разделяя традиционную точку зрения, г-н Панов полагает, что энтропия является мерой беспорядка, я же считаю, что – *применительно к реальным системам* – не является. Однако я не одинок. Во-первых, Ю. П. Петров (1970) и К. Денбиг (Denbigh K., Denbigh J. 1985; Denbigh 1989; Денбиг 1995) четко говорят, что интерпретация энтропии как меры беспорядка ошибочна; во-вторых, целая группа авторов, среди которых следует выделить С. Г. Суворова (1967) и И. Л. Генкина (1979; 1994), не произнося этого вслух, вплотную к этому выводу подходят.

В рассуждениях Генкина (1994) можно выделить следующие тезисы (Хайтун 2005: 65):

1) состояние с развитой структурой более вероятно (имеет большую энтропию), чем состояние, описываемое равномерным распределением вещества в пространстве (хаос);

2) это является следствием гравитационных и иных взаимодействий;

3) распространенное представление о большей вероятности равномерного распределения является следствием неправомерного распространения больцмановской комбинаторики за пределы модели идеального газа.

Первые два из этих тезисов присутствуют также в высказываниях Суворова (1967). Первый тезис можно найти в работе (Caves 1993). О том, что развитая структура характеризуется большей вероятностью макросостояния (энтропией), чем хаос, благодаря *взаимодействиям*, говорится в публикациях (Матвеев 1973; Ackerson 1993; Пенроуз 2003).

<sup>5</sup> «Такое дополнительное потускнение (сверхновых. – С. Х.) означает, что данному красному смещению соответствует некоторая эффективная добавка расстояния» (Чернин 2001: 1154).

Все эти и многие другие работы разбираются в моей книге, и все их г-н Панов игнорирует, предпочитая изображать меня в глазах читателя дилетантом и ограничиваясь попытками найти в разбираемых мной примерах «фактические ошибки». На самом же деле речь снова идет о столкновении двух парадигм и о межпарадигмальных расхождениях.

Прежде чем обратиться к примерам, сделаю одно замечание. Мне с моими единомышленниками достаточно доказать, что энтропия не является мерой беспорядка, *хотя бы в одном случае*, и несостоятельность традиционной точки зрения будет доказана.

Итак, примеры. Вот, скажем, случай переохлажденной жидкости, которому в моей книге из-за его показательности посвящен специальный раздел (Хайтун 2005: 74–75) и который разбирается также К. Денбигом (1995). В переохлажденную жидкость бросается соринка, в результате чего жидкость кристаллизуется, то есть усложняется. Если при этом жидкость первоначально имела температуру, меньшую некоторой критической, то не будет выделяться и теплота плавления, так что здесь имеем чистый случай усложнения с ростом энтропии изолированной системы. Вариация на эту тему (Хайтун 2005: 52): «Возьмем смесь воды и льда и изолируем ее. Если вода холодная и лед достаточно охлажден, то эта смесь, несмотря на рост энтропии в этой системе, превратится в упорядоченный ледовый кристалл. Этот пример обладает достаточной общностью, ибо он может быть реализован на всех смесях типа твердая-жидкая фаза. Упорядочение может происходить одновременно с ростом энтропии и в других случаях» (Штеренберг 2003: 104).

Г-н Панов пытается парировать пример с переохлажденной жидкостью указанием на то, что здесь фактически речь идет не о жидкости, а о стеклянной разновидности твердого тела и что в этом случае «вычисление энтропии – чрезвычайно сложная задача... Как вычислять энтропию такой системы, не совсем понятно» (Панов 2009: 210).

Однако нам и не надо вычислять энтропию, поскольку и так известно, что энтропия изолированной системы растет<sup>6</sup>.

Пример К. Денбига, о котором г-н Панов не упоминает: «Представим... оплодотворенное птичье яйцо внутри инкубатора. Этот инкубатор содержит достаточное количество воздуха и предварительно нагрет до температуры, достаточно высокой для проклеивания яйца. Теперь инкубатор полностью изолируется термически, так что его полная энтропия может только возрастать или оставаться неизменной. Тем не менее, существуют две возможности дальнейшего развития системы: яйцо погибает; яйцо живет и затем превращается в живого птенца. Справедливо, что в первом случае будет возрастание энтропии, сопровождающееся процессами дезорганизации, локализованными в яйце. Но ситуация во втором

<sup>6</sup> Или постоянна, однако в нашем случае это заведомо не так, поскольку в системе происходят необратимые процессы.

случае противоположна: несмотря на то, что яйцо, безусловно, высокоорганизованная система, живой птенец, конечно, более организованная система. Энтропия возрастает и в этом случае, но теперь растет и уровень организации. Таким образом, этот пример доказывает, что предположение об эквивалентности возрастания энтропии и процесса дезорганизации не «правильно» (Денбиг 1995: 50; Хайтун 2005: 78).

Случай стягивания газопылевого облака в звезду под действием гравитации: «...при гравитационной конденсации звезды из газопылевого облака... суммарный беспорядок всей системы растет, причем по двум каналам: во-первых, за счет увеличения температуры протозвезды и затем звезды, во-вторых, за счет излучения гигантского количества тепловых и световых фотонов... Хайтун не учитывает энтропию излучения» (Панов 2009: 208).

Г-н Панов полагает, что излучение горячей протозвезды кардинально изменяет баланс беспорядка. В масштабах галактики это, на мой взгляд, уже спорно. Тем более это спорно, когда речь идет об эволюции после Большого взрыва нашей Метагалактики (или всей Вселенной) со всеми ее космическими структурами и излучениями; господствующая сегодня точка зрения состоит в том, что эта эволюция совершается в сторону усложнения (Хайтун 2005: 255–256) и что излучения звезд тому не помеха (иначе не существовало бы столь активно обсуждаемого противоречия между эволюцией в сторону усложнения и законом возрастания энтропии).

Но допустим, что г-н Панов прав. Ничто не мешает нам, однако, рассмотреть *начальную* стадию конденсации газопылевого облака, когда протозвезда еще не настолько плотна, чтобы нагреться, и излучать. Сколь ни аморфна ее структура на этой стадии конденсации, она уже более сложна, чем исходное облако, что и требовалось доказать.

Последний пример, который мы здесь рассмотрим: «...более сложные структуры в “собранном” виде зачастую обладают большей вероятностью состояния (энтропией), чем в “разобранном” на части. Атом при нормальных условиях не распадается на составляющие его элементарные частицы, молекулы сами собой не рассыпаются на атомы. Следовательно, в обоих этих случаях более сложная структура имеет большую энтропию» (Там же: 67–68).

Комментарий г-на Панова (2009: 207): «Этот пример неверен. Устойчивость атома (или молекулы) при нормальных условиях не имеет никакого отношения ни к энтропии, ни к вероятности состояния, но обязана закону сохранения энергии. Частицы, которые составляют атом, создают друг для друга общую самосогласованную потенциальную яму, и уровень энергии каждой частицы относительно вакуума в этой яме отрицательный. Для того, чтобы частица “высыпалась” из атома и стала свободной, она должна достигнуть как минимум нулевой – вакуумной – энергии (что

означает, что частица покоится в вакууме с нулевой кинетической энергией). Чтобы это произошло, частица откуда-то должна получить энергию... Эта порция энергии называется энергией связи... нормально эту энергию взять неоткуда, потому атом и не рассыпается».

Г-н Панов говорит здесь об энергии связи известные вещи (см., например: Хайтун 2005: 478), я же говорю о другом. Физические законы образуют согласованную систему, так что принцип Больцмана не может противоречить закону сохранения энергии. Если данная структура не распадается на атомы, то это означает, что данное состояние, *если принимать во внимание реальные взаимодействия* между частицами, наиболее вероятно из возможных (см. в начале настоящего раздела первый тезис И. Л. Генкина). Наше с г-ном Пановым и его единомышленниками парадигмальное расхождение в том и состоит, что при обсуждении соотношения энтропии и беспорядка они не учитывают взаимодействий: «...с ростом энтропии система выбирает распределение, самое широкое (самое однородное, самое хаотическое) из разрешенных взаимодействиями... При фиксированных взаимодействиях рост энтропии происходит с упрощением системы, однако в ходе развития реальных систем взаимодействия в них также изменяются. Собственно, усложнение/упрощение системы, то есть образование новых структур, и означает усложнение/упрощение паттерна действующих в ней взаимодействий, потому что... каждой структуре отвечает свой собственный паттерн взаимодействий, и наоборот. Когда взаимодействия, определяющие форму распределений, развиваются вместе с системой, настаивать на неприменном упрощении последней с развитием системы, то есть с ростом энтропии, невозможно» (Хайтун 2005: 336).

Самое же удивительное во всей этой истории есть то, что сторонники традиционной парадигмы (энтропия является мерой беспорядка) могут доказать свой тезис только в случае отдельно взятого математического распределения, ибо чем оно шире, тем его энтропия и на самом деле больше (Там же: 334–335)<sup>7</sup>. Однако применительно к реальным системам доказательств такого рода не существует и – по изложенным выше соображениям – существовать не может. Если г-н Панов так уверен в противном, то пусть он докажет, что с ростом энтропии изолированной реальной системы она *всегда* становится менее сложной. Насколько я понимаю, пока он этого не сделал. На чем тогда зиждется его уверенность в собственной правоте?

Г-н Панов негативно относится также к моему анализу роли среды в процессах упорядочения (Панов 2009: 202–206), которую (роль) я, как он утверждает, «совершенно не понимаю» (Там же: 204). Обнаруживает он у

<sup>7</sup> Приблизительно можно считать, что чем распределение шире, тем оно менее изрезанно и проще, или «беспорядочнее» (менее упорядоченно), по форме.

меня здесь, как водится, и «фактические ошибки». Однако, на мой взгляд, все это полностью объясняется тем, что г-н Панов, в отличие от меня, исповедует трактовку энтропии как меры беспорядка. Моя точка зрения по этому поводу кратко суммирована в разделах «Эволюционная роль среды: авторская концепция» и «Почему выявление эволюционной роли среды происходит так трудно» (Хайтун 2005: 216–219), к которым я и отсылаю читателя.

## 6. Тепловая энтропия vs полная энтропия

В книге (Он же 2005), упрекает меня г-н Панов, широко используется понятие «тепловой энтропии», хотя в действительности, «по крайней мере в хорошо известных учебниках по термодинамике, ... понятие тепловой энтропии не встречается, и второе начало термодинамики просто не могло быть сформулировано как утверждение о возрастании тепловой энтропии» (Панов 2009: 212).

Ну конечно же, мне хорошо известно, что в литературе понятия тепловой и полной энтропии не разводятся, однако я считаю это изъяном современной физики, о чем достаточно ясно и пишу в книге (Хайтун 2005), в предметном указателе которой имеется пункт «энтропия тепловая/полная» и в которой в общем случае неравновесной материальной системы дается определение полной энтропии (Там же: 324), однако, к сожалению, не определяется тепловая. Эта недоработка устраняется в книге (Он же 2009б), в которой вводится в этом общем случае и тепловая энтропия. В основе этих определений лежат понятия полной и тепловой энергии, причем под тепловой энергией системы (под количеством содержащегося в ней тепла) вполне традиционно понимается усредненная по ансамблю кинетическая энергия беспорядочного движения молекул или других частиц.

В общем случае неравновесной материальной системы могут быть введены распределения плотности полной  $U(r, v)$  и тепловой  $Q(r, v)$  энергии по трехмерному объему и трехмерному же пространству скорости их распространения, или плотности потока полной и тепловой энергии:

$$\int U(r, v) dr dv = U, \quad (4)$$

$$\int U(r, v) dv = U(r), \quad (5)$$

$$\int Q(r, v) dr dv = Q, \quad (6)$$

$$\int Q(r, v) dv = Q(r), \quad (7)$$

где  $U$  и  $Q$  – соответственно полная и тепловая энергия системы;  $U(r)$  и  $Q(r)$  – их пространственные плотности;  $r$  – трехмерный радиус-вектор и  $v$  – трехмерный же вектор скорости.

Перенормируя распределения (4) и (6) на единицу, переходим от  $U(r, v)$  и  $Q(r, v)$  к  $u(r, v)$  и  $q(r, v)$ :

$$\int u(r, v) dr dv = 1; \quad (8)$$

$$\int q(r, v) dr dv = 1. \quad (9)$$

Это позволяет трактовать  $u(r, v)$  и  $q(r, v)$  как *плотности вероятности распределения* соответственно полной и тепловой энергии в указанном шестимерном пространстве.

Полную и тепловую энтропии материальной системы определяем выражениями:

$$S = -k \int u(r, v) \ln u(r, v) dr dv; \quad (10)$$

$$S_Q = -k \int q(r, v) \ln q(r, v) dr dv, \quad (11)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана.

Наше определение полной энтропии обобщает определение статистической энтропии Больцмана:

$$S = -k \int f^1(r_1, p_1) \ln f^1(r_1, p_1) dr_1 dp_1, \quad (12)$$

где  $f^1(r_1, p_1)$  – одночастичная функция распределения, или функция распределения системы в пространстве координат  $r_1$  и импульсов  $p_1$  одной молекулы.

Молекулы могут быть представлены в этом же энергетическом ключе, если в пределах объема, занимаемого молекулой, записать плотность энергии в виде:

$$U(r) = \rho c^2, \quad (13)$$

где  $\rho$  – плотность частицы по массе и  $c$  – скорость света.

Следуя обычным приемам статистической физики, введем среднее значение  $u(r, v)_{CP}$  плотности вероятности распределения  $u(r, v)$  и ширину распределения  $(\Delta r \Delta v)_U$  как ширину прямоугольника с высотой  $u(r, v)_{CP}$  и единичной площадью:

$$u(r, v)_{CP} (\Delta r \Delta v)_U = 1. \quad (14)$$

Величина  $(\Delta r \Delta v)_U$  может быть названа *фазовым объемом* распределения  $u(r, v)$ .

Несложно показать, что энтропия (10) принимает при этом вид:

$$S = k \ln (\Delta r \Delta v)_U. \quad (15)$$

В самом деле, если учесть приближенное равенство:

$$\ln [u(r, v)_{CP}] \approx [\ln u(r, v)]_{CP}, \quad (16)$$

то есть

$$\ln \int u(r, v) u(r, v) dr dv \approx \int u(r, v) \ln u(r, v) dr dv, \quad (17)$$

то получим:

$$S = k \ln (\Delta r \Delta v)_U = k \ln \frac{1}{u(r, v)_{CP}} =$$

$$= -k \ln [u(r, v)_{CP}] \approx -k [\log u(r, v)]_{CP} = -k \int u(r, v) \ln u(r, v) dr dv, \quad (18)$$

то есть определение полной энтропии (10).

Сравнивая (15) с определением энтропии:

$$S = k \ln W, \quad (19)$$

приходим к выводу, что величине  $(\Delta r \Delta v)_U$  может быть сообщен смысл макростоимости энергетического состояния системы:

$$S = -k \int u(r, v) \ln u(r, v) dr dv = k \ln (\Delta r \Delta v)_U = k \ln W_U. \quad (20)$$

Энтропии Больцмана и Гиббса:

$$S = -k \int \rho(q, p) \ln \rho(q, p) dq dp, \quad (21)$$

где  $\rho(q, p)$  – функция распределения системы в  $\Gamma$ -пространстве, вводятся на распределениях значений координат и импульсов в пределах *механического* описания (Хайтун 1996: 22), тогда как энтропия (10) может быть использована и при описании немеханических систем. По сравнению же с энтропией (19), рецептов вычисления которой в общем случае не существует, у энтропии (10) то преимущество, что в принципе ясно, как ее вычислять.

Таким образом, автор не вводит какую-то собственную («новую») энтропию, но обобщает существующие определения энтропии, с тем чтобы охватить необратимый случай, следуя при этом существующим канонам определения энтропии системы как энтропии описывающего ее статистического распределения.

Что касается тепловой энтропии (11), то можно показать (Хайтун, 2009б: 43, 75), что при поглощении данной равновесной тепловой системой малого количества тепла  $Q$  ее энтропия (11) получает приращение  $Q/T$ . Это доказывает, что в равновесном случае тепловая энтропия (11) дает тепловую энтропию Клаузиуса.

Крайне важно, на мой взгляд, то, что определения (10–11) позволяют максимально четко различить полную и тепловую энтропии. В принципе, каждой форме энергии – гравитационной, электромагнитной и т. д. – может быть сопоставлена своя энтропия.

В проводимом нами разведении полной и тепловой энтропии ключевую роль играет разведение содержащихся в системе полной и тепловой энергий. Категорически не приемля понятие тепловой энтропии, г-н Панов формулирует весьма странное утверждение: «...в термодинамике нет такой величины, как количество содержащегося в системе тепла» (Панов 2009: 212), опирающееся у него, впрочем, на хорошо известное в равновесной термодинамике положение, согласно которому «...количество теплоты не является функцией состояния системы, ...но является функцией процесса. Это значит, что определенному состоянию газа нельзя приписать никакого определенного количества тепла... Если есть два термодинамических состояния, то в зависимости от траектории в пространстве параметров (от процесса), по которой систему перевели из одного состояния в другое, ей может быть передано разное количество тепла» (Там же: 213).

Если бы г-н Панов был прав и понятие количества содержащегося в системе тепла (тепловой энергии) и на самом деле было лишено физического смысла, то физического смысла не имела бы, естественно, и тепловая энтропия (11). Г-н Панов, однако, ошибается, потому что о содержащейся в данной системе тепловой энергии совершенно определенно можно говорить, имея под ней в виду, как это делается вот уже полтора века и о чем уже шла речь выше, *усредненную по ансамблю кинетическую энергию беспорядочного движения молекул*. В технической термодинамике принято говорить, например, о количестве тепла в системе водоснабжения, в метеорологии – о количестве тепла в единице объема атмосферы и т. д.

Так на чем же споткнулся г-н Панов? Дьявол кроется в деталях. В равновесной термодинамике говорят не о том, что «нет такой величины, как количество содержащегося в системе тепла», но только о том, что здесь «нельзя говорить... о количестве тепла, которым обладает в данном состоянии тело (выделено мной. – С. Х.)» (Ландау, Лифшиц 1964: 63).

К этому заключению приходят, рассматривая основное термодинамическое соотношение:

$$dE = dR + dQ = -PdV + TdS, \quad (22)$$

которое возникает при использовании для описания равновесной термодинамической системы независимых переменных  $S$  и  $V$  и согласно которому разные термодинамические системы, находящиеся – в этом описании – в одном и том же термодинамическом состоянии, то есть имеющие одни и те же значения  $S$  и  $V$ , могут характеризоваться разными количествами содержащегося в них тепла. В частности, при сообщении системе энергии  $dE$  энергия системы всегда увеличивается на ту же величину  $dE$ , тогда как при сообщении системе количества тепла  $dQ$  количество содержащегося в ней тепла  $Q$  вовсе не обязательно увеличивается на  $dQ$ , потому что эта

энергия  $dE = dQ$  может пойти частично или полностью и на нетепловые «нужды» системы.

Это и имеют в виду, когда говорят, что количество тепла в системе  $Q$  в отличие от энергии  $E$  не является функцией состояния системы. Но означает это только то, что значения  $S$  и  $V$  величину «количество содержащегося в системе тепла  $Q$ » не фиксируют. Для этой величины, однако, отсюда не следует ничего трагического, просто для определения  $Q$  следует использовать другие наборы переменных.

Не согласен я с г-ном Пановым и когда он объявляет ошибочным такое мое высказывание: «Возьмем простейший случай – теплоизолированный газ расширяется, совершая работу. Поскольку при этом уменьшается количество содержащегося в нем тепла, постольку уменьшается и его тепловая энтропия» (Хайтун 2005: 22).

Речь здесь идет, пишет г-н Панов, «об адиабатическом расширении газа, и прописной истиной является то, что энтропия такого газа не изменяется – это изоэнтропийный процесс. Это следует просто из того, что газ теплоизолирован... Хайтун... представляет себе, видимо, что полная энтропия газа складывается из тепловой энтропии, связанной с содержанием в газе тепла (она уменьшается из-за падения температуры газа, которое Хайтун ошибочно интерпретирует как уменьшение содержания тепла в газе), и какой-то другой, нетепловой энтропии, которая увеличивается, так что их сумма остается неизменной» (Панов 2009: 213).

Прежде всего падение температуры газа, вопреки г-ну Панову, означает-таки – в равновесном приближении – уменьшение количества тепла в газе, потому что, как сообщается во всех курсах статистической физики, равновесная температура пропорциональна средней кинетической энергии беспорядочного движения молекул.

Если для определенности говорить об идеальном газе с постоянной теплоемкостью, то выражения для его энтропии имеют вид:

$$S = N \ln \frac{eV}{N} + Nc_V \ln T + const; \quad (23)$$

$$S = -N \ln P + Nc_P \ln T + const \quad (24)$$

(Ландау, Лифшиц 1964: 151). Первые слагаемые в правых частях этих выражений отвечают за нетепловое изменение энтропии, вторые – за тепловое.

В общем случае полная энтропия системы может изменяться как за счет внутренних процессов, так и за счет взаимодействия со средой:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{d_i S}{dt} + \frac{d_e S}{dt}. \quad (25)$$

Из-за отсутствия в идеальном газе внутренних взаимодействий производство энтропии в нем равно нулю, так что энтропия такого газа может

изменяться только за счет его взаимодействия со средой. Из-за той же чрезвычайной простоты идеального газа его взаимодействие со средой может быть только механическим и/или тепловым, причем первое из них потока энтропии с собой нести в принципе не может. Так что энтропия идеального газа может изменяться только за счет теплообмена со средой, если же такой газ теплоизолировать, то его полная энтропия, определяемая равенствами (23–24), будет оставаться постоянной, тепловая же энтропия, определяемая вторыми слагаемыми в этих выражениях, может изменяться.

Именно это и происходит в случае теплоизолированного газа, расширяющегося с совершением работы, – его полная энтропия (23–24) сохраняется, тепловая же – из-за его охлаждения – уменьшается, что фиксируется вторыми слагаемыми в правых частях выражений (23–24); однако это ее уменьшение компенсируется ростом нетепловой энтропии, связанным с первыми слагаемыми в правых частях выражений (23–24).

## 7. О смысле энтропии

Отказавшись от трактовки энтропии как меры беспорядка, мы в какой-то мере остаемся безоружными, – остается непонятным, что же все-таки происходит в реальных системах с ростом полной энтропии? Мы предлагаем видеть в энтропии величину, скорость возрастания которой является мерой скорости (интенсивности) процессов необратимого превращения друг в друга разных форм энергии (Хайтун 2009б: 35–36).

Понимая так энтропию, мы следуем В. Томсону, который трактовал необратимые процессы как происходящие с превращением механической энергии в тепловую. В общем случае в ходе необратимых процессов друг в друга превращаются разные формы энергии, не только механическая и тепловая.

Осмысливая энтропию через скорость ее роста, мы идем и за Р. Клаузиусом, который ввел тепловую (квази)равновесную энтропию через ее изменение:

$$dS = \frac{1}{T} dQ_{обр}, \quad (26)$$

которое легко превращается в *скорость изменения* путем деления соотношения (26) на изменение времени:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{1}{T} \frac{dQ_{обр}}{dt}. \quad (27)$$

Здесь  $dQ_{обр}$  – это малое количество тепла, получаемое системой (квази)равновесным образом от внешнего источника. Если, однако, все изме-

нения в системе или с системой являются тепловыми (скажем, когда в соотношении (22)  $dV = 0$ ), то вся поступающая в систему энергия  $dE = dQ$  идет на увеличение содержащегося в ней тепла, и  $dQ_{обр}/dt$  в (27) – это скорость обратимого изменения содержащегося в системе тепла. Этот случай неявно и имеется в виду на с. 338 книги (Хайтун 2005), о чем там, к сожалению, не упомянуто, что дало г-ну Панову повод обвинить меня в непонимании основ термодинамики.

## 8. Второе начало термодинамики

Вопреки г-ну Панову я ни в малой степени не покушаюсь на второе начало термодинамики, считая его безусловно действующим законом природы. Проблема, однако, в том, что содержание второго начала, как оно представлено в литературе, донельзя размыто. В книге (Хайтун 2009б) приводится 48 формулировок второго начала, а реально их еще больше. Все они не могут быть тождественными, как не могут они все быть и разными, образуя достаточно сложно устроенное множество, в котором может быть наведен некоторый порядок.

Как показывает проведенный в книге (Там же) анализ, в том, что в литературе называется вторым началом термодинамики, скрываются пять положений, из них одно ошибочное:

- 1) в чисто тепловых процессах происходит выравнивание температур, включая переход тепла от более нагретых тел к менее нагретым;
- 2) существует асимметрия между процессами превращения нетепловых форм энергии в теплоту, с одной стороны, и превращения теплоты в другие виды энергии – с другой: первые в отличие от вторых не требуют компенсации;
- 3) для равновесного (обратимого) случая может быть введено равенство  $dS = dQ/T$ , которое является здесь определением (тепловой) энтропии;
- 4) действует закон возрастания полной энтропии;
- 5) действует «закон» возрастания тепловой энтропии.

Перенесем на «закон» возрастания тепловой энтропии глобальную и локальную формулировки закона возрастания энтропии. В случае неизолированной системы изменение ее тепловой энтропии  $S_Q$  состоит из двух слагаемых:

$$\frac{dS_Q}{dt} = \frac{d_i S_Q}{dt} + \frac{d_e S_Q}{dt}. \quad (28)$$

Здесь  $d_i S_Q/dt$  – *производство тепловой энтропии*; отнесенная к единице объема, эта величина представляет собой *локальное* производство тепловой энтропии  $\sigma_Q$ :

$$\frac{d_i S_Q}{dt} = \int \sigma_Q dV. \quad (29)$$

«Закон» возрастания тепловой энтропии в *глобальной* формулировке:

$$\frac{d_i S_Q(t)}{dt} \geq 0, \quad (30)$$

в *локальной* –

$$\sigma_Q(t) \geq 0. \quad (31)$$

В случае *изолированной* системы:

$$\frac{dS_Q(t)}{dt} \geq 0. \quad (32)$$

Согласно локальной формулировке «закона» возрастания тепловой энтропии скорость возникновения (производство) тепловой энтропии положительна или равна нулю (положительно или равно нулю) *в каждый текущий момент времени* в каждом макроскопическом фрагменте наблюдаемого мира.

От себя я добавил в последнем абзаце только выделенные слова, которые, на мой взгляд, должны были бы присутствовать и в опубликованных формулировках закона возрастания энтропии, отсутствуя там, мне кажется, только из-за полной их очевидности. Эти слова сыграют свою роль в следующем разделе.

Закон возрастания полной энтропии и «закон» возрастания тепловой энтропии одновременно справедливыми быть не могут. Если бы удалось обнаружить *хотя бы один случай убывания тепловой энтропии на протяжении макроскопического промежутка времени* (так, чтобы это убывание нельзя было списать на флуктуации), то это означало бы, что данный «закон» не действует.

Именно это и имеет место в реальности, что доказывается приводимыми в (Хайтун 2005) и более развернуто в (Он же 2009б) примерами превращения в другие формы энергии тепла, не сопровождаемого тепловой компенсацией. О «законе» возрастания тепловой энтропии можно говорить только в частном случае чисто тепловых процессов, когда он является проявлением закона возрастания полной энтропии.

Таким образом, пятая компонента в перечне компонент второго начала отпадает. Общее определение тепловой энтропии (11), дающее в равновесном случае выражение  $dS = dQ/T$ , делает лишней третью компонен-

ту. Вторую компоненту мы убираем, так как она является следствием закона возрастания полной энтропии в частном случае чисто тепловых процессов. Остаются две независимые компоненты второго начала термодинамики:

1) существует асимметрия между превращениями нетепловых форм энергии в теплоту, с одной стороны, и превращениями теплоты в другие формы энергии – с другой: первые в отличие от вторых не требуют компенсации; эта асимметрия имеет причиной отсутствие у тепловой энергии собственных силовых полей и наличие их у других форм энергии; указанная компенсация состоит в обеспечении роста полной энтропии, тепловая же энтропия расти не обязана;

2) действует закон возрастания полной энтропии.

## 9. Энергетика, построенная на круговороте тепла и вечных двигателях 2-го рода

Г-н Панов резко отрицательно относится к самой идее такой энергетики: «...никакой реальной аргументации в пользу возможности “энергетики круговорота тепла” не представлено, при этом сделано множество фактических и логических ошибок» (Панов 2009: 220).

При этом он проявляет все ту же склонность принимать парадигмальные расхождения за мои фактические ошибки. Таких расхождений здесь два.

*Первое парадигмальное расхождение.* Я считаю законы эволюции столь же обязательными к исполнению законами природы, как и законы гравитации. Одним из них, на мой взгляд, является эволюция в сторону интенсификации метаболизма. Если человечество попытается не просто снизить энергозатраты на единицу продукции (что способствует эволюции), но затормозить энергопотребление как таковое, то, я полагаю, погибнет.

Потребляя энергию, мы превращаем одну ее форму в другую, в конечном же счете практически вся добываемая энергия рассеивается в виде тепла. Если когда энергопотребление и сравнивается по мощности с достигающим поверхности Земли солнечным излучением, развитые формы жизни погибнут. Согласно рассмотренным в книге (Хайтун 2009а) шести разным оценкам темпов роста энергопотребления это произойдет через 285–430 лет, реально же проявления перегрева станут катастрофическими, когда энергопотребление достигнет 0,1 % (одна оценка) или 1 % (другая оценка) от солнечного потока, то есть через 50–80 или 130–200 лет соответственно.

Авторский сценарий состоит в переходе к (термоциклической) энергетике, построенной на круговороте тепла и «фабриках холода», которые бы снова и снова собирали рассеянное в среде тепло. Роста энергопотребле-



ния можно будет добиваться ускорением круговорота тепла без увеличения его общего количества в среде.

Г-н Панов, как мы видели, в вектор эволюции в сторону интенсификации метаболизмов не верит, тем более он не верит в обязательность следования этому вектору. Поэтому, естественно, он, как и другие авторы, видит выход в торможении роста потребления энергии, которое я – из-за его направленности против вектора эволюции – считаю гибельным.

Но одно дело – полемика ученых, и другое – реальная жизнь. Когда дело касается столь важных вещей, человечество не может полагаться на какую-то одну точку зрения. Надо учитывать вероятность и того, что правы мы с коллегами, и того, что правы наши оппоненты. Разрабатывать следует параллельно оба сценария, чтобы в дальнейшем реализовать какой-то один из них или их комбинацию.

Возвращаемся к авторскому сценарию. Сбором рассеянного тепла сегодня занимаются энергетические установки классического типа (с холодильниками) – гео- и гидротермальные энергоустановки и тепловые насосы с КПД, меньшими КПД Карно. Однако низкие температурные градиенты рассеянного тепла, «зарезая» КПД «фабрик холода» классического типа до чрезмерно малых значений, делают построение термоциклической энергетики на основе одних лишь классических «фабрик холода» нереальным. Реальной термоциклическая энергетика может стать, на мой взгляд, лишь при использовании в качестве «фабрик холода» энергетических установок без холодильников, КПД которых не был бы ограничен сверху КПД Карно, то есть вечных двигателей 2-го рода, и которые согласно канонической точке зрения запрещены вторым началом термодинамики.

*Второе парадигмальное расхождение.* Поскольку я в отличие от г-на Панова различаю полную и тепловую энтропии, полагая действующим закон возрастания полной энтропии и недействующим – «закон» возрастания тепловой, постольку я считаю возможными некомпенсированное превращение тепла в работу и соответственно тепловые машины без холодильника, то есть вечные двигатели 2-го рода.

Запрет на вечные двигатели 2-го рода «от имени» второго начала термодинамики и на самом деле несостоятелен, если возможно превращение тепла в другие формы энергии, не сопровождаемое тепловой компенсацией, которая обеспечивает рост тепловой энтропии. Как это следует из приведенной в предыдущем разделе локальной формулировки «закона» возрастания энтропии, возможность таких процессов будет доказана, если удастся обнаружить *хотя бы один случай некомпенсированного превращения тепла в другие формы энергии на протяжении макроскопического промежутка времени.*

Один такой случай совершенно определенно существует, более того, широко известен: «...на стадии изотермического расширения рабочего тела машина Карно преобразовывает в работу *все* тепло, полученное этим телом от нагревателя, то есть делает это *некомпенсированным* образом» (Хайтун 2005: 327).

Авторы курсов термодинамики его признают, как признает его и г-н Панов: «Действительно, при изотермическом расширении газа (как в первой четверти цикла машины Карно...) все полученное от нагревателя тепло переводится в работу» (Панов 2009: 217).

Парируется это ими следующим образом: «Признавая этот факт, авторы курсов термодинамики не видят в нем нарушения второго начала, которое, как они утверждают, соблюдается *за весь цикл* работы тепловой машины, включая возвращение рабочего тела в начальное состояние. Это возвращение требует передачи тепла холодильнику в количествах, компенсирующих превращение тепла в работу на стадии расширения рабочего тела» (Хайтун 2005: 327–328).

Другими словами, неявно принимается, что «закон» возрастания тепловой энтропии выполняется для *большого* промежутка времени, не выполняясь для *меньшего*.

«Неявно», потому что ни в одной известной мне формулировке второго начала (а их у меня в книге [Он же 2009б], напоминая, выписано 48) такого тезиса нет. И понятно, почему: как только этот тезис положишь на бумагу, так сразу становится очевидной его абсурдность.

Как уже говорилось в предыдущем разделе, если «закон» возрастания тепловой энтропии не действует хотя бы в одном случае в течение некоторого макроскопического промежутка времени (чтобы исключить флуктуации), то он законом не является. И, стало быть, некомпенсированное превращение тепла в работу вторым началом не запрещено, что делает несостоятельным и запрет на вечные двигатели 2-го рода.

В книге (Он же 2005) приводится несколько примеров некомпенсированного превращения тепла в другие формы энергии, а в целом обоснованию тезиса о несостоятельности запрета «от имени» второго начала термодинамики на вечные двигатели 2-го рода посвящена монография (Он же 2009б). В настоящей же статье для меня было важно очертить общую логику, приведшую к этому крамольному выводу.

Если я прав и со стороны физики и на самом деле отсутствует запрет на создание вечных двигателей 2-го рода, то это еще не означает, что создание таких двигателей, имеющих практическое значение, и на самом деле возможно. Термоядерный синтез, к примеру, законами физики не запрещен, однако с созданием соответствующей энергетической установки ничего не получается уже более полувка. В книгах (Хайтун 2005; 2009б) рассматри-

вается несколько проектов таких двигателей, которые были отобраны мной из нескольких десятков встретившихся в литературе разработок таких двигателей и которые показались мне наиболее осмысленными.

## 10. Отдельные фактические ошибки, «обнаруженные» у меня г-ном Пановым

*Первая «ошибка».* Г-н Панов утверждает, что моя формула:

$$S = -k \int \rho(x, x') \ln \rho(x', x) dx dx' - \quad (33)$$

для квантовой фазовой энтропии (Хайтун 2005: 323) неверна (Панов 2009: 226): «В формуле вместо матричного элемента логарифма матрицы плотности стоит логарифм матричного элемента матрицы плотности (это совершенно разные вещи). Правильная формула имеет вид:

$$S = -k \int \rho(x, x') (x' | \ln \hat{\rho} | x) dx dx' \gg. \quad (34)$$

То обстоятельство, что расчет формулы (33) г-н Панов ошибается, проверяется подстановкой в нее разложений:

$$\rho(x', x) = \sum_{m, n} \Psi_n^*(x') \rho_{mn} \Psi_m(x), \quad \rho(x, x') = \sum_{m, n} \Psi_n^*(x) \rho_{mn} \Psi_m(x'), \quad (35)$$

в результате которой получаются известные выражения для матричной и операторной энтропии (см. также: Хайтун 1996: 25, 28).

$$S = -k \sum_{m, n} \rho_{mn} \ln \rho_{nm} = -k Sp \hat{\rho} \ln \hat{\rho}, \quad (36)$$

о чем, собственно, и сказано на той же с. 323 книги (Он же 2005), что, кажется, осталось незамеченным г-ном Пановым.

*Вторая «ошибка»:* «Утверждается, что “в общем случае можно ввести плотность распределения энергии по объему и скорости  $v$  ее распространения”. В действительности понятия “скорость распространения энергии” не существует, можно говорить только о потоке энергии через элемент заданной площади или о плотности потока энергии. Вводимая автором формула (П. 1.8):

$$S = \int U(r, v) \ln U(r, v) dr dv - \quad (37)$$

для энтропии, использующая функцию распределения плотности энергии по координате и скорости  $U(r, v)$ , лишена смысла» (Панов 2009: 226–227)<sup>8</sup>.

Ну зачем же так безапелляционно? Как в том легко убедиться, например, с помощью Интернета, выражения *скорость распространения энер-*

*гии и скорость распространения тепла* (то есть тепловой энергии) в литературе встречаются достаточно часто. Соответственно, можно говорить и о распределении плотности энергии в шестимерном пространстве, образуемом координатами трехмерного радиус-вектора и трехмерного же вектора скорости распространения энергии. Впрочем, в книге (Хайтун 2009б: 71–75) (как и в следующем ей разд. 6 настоящей статьи) используется и выражение *плотность потока энергии*.

*Третья «ошибка».* Г-н Панов объявляет ошибочными приведенные у меня (Он же 2005: 479–480) аргументы против доказательства Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица того, что масса замкнутого космического пространства равна нулю: «В выводе Ландау и Лифшица используется некоторый интеграл по произвольной замкнутой поверхности, который дает 4-импульс материи, заключенный в объеме, ограниченном этой самой поверхностью. Это ясно каждому, кто понимает происхождение соответствующей формулы, но Хайтун неверно понял, что для того, чтобы получить 4-импульс чего-либо, поверхность обязательно должна быть отнесена на бесконечность. Произошло это потому, что Ландау и Лифшиц сразу после вывода своей формулы использовали ее для вычисления импульса *всей* материи в асимптотически плоском (то есть пустом) пространстве. Естественно, в этом случае надо интегрировать по бесконечно удаленной поверхности. Но Хайтун ...понял это как условие применимости формулы в любом случае» (Панов 2009: 227).

Однако меня в данном случае не интересует, *почему* Ландау и Лифшиц применили в данном случае формулу для 4-импульса материи так, как они ее применили. Для меня важен *сам факт такого ее – некорректного – применения*: «Таким образом, к поверхности интегрирования... предъявляются взаимоисключающие требования. С одной стороны, она должна охватывать “все пространство” так, чтобы на ней гравитационное поле отсутствовало. С другой стороны, она же должна находиться внутри замкнутого космического пространства, на всем протяжении которого гравитационное поле заведомо присутствует, обеспечивая ему замкнутость. Это противоречие и делает доказательство Ландау и Лифшица несостоятельным» (Хайтун 2005: 480).

В завершение статьи хочу поблагодарить г-на Панова за труд. Если люди пишут на твою книгу рецензии объемом почти в пять авторских листов, значит, она нужна людям. Жизнь удалась. Остро критический характер рецензии свидетельствует, на мой взгляд, что предложенная в книге версия универсального эволюционизма достаточно оригинальна. То же обстоятельство, что г-н Панов, в чем, я надеюсь, мне удалось убедить читателя, так и не обнаружил у меня, несмотря на предпринятые им усилия, фактические ошибки, которые могли бы опрокинуть мою концепцию, говорит, что она имеет право на жизнь.

<sup>8</sup> Г-н Панов не заметил в формуле (П. 1.8) знака «минус» и постоянной Больцмана. У меня

эта формула приведена в виде:  $S = -k \int U(r, v) \ln U(r, v) dr dv$ .

## Библиография

- Генкин И. Л. 1979. Энтропия и эволюция Вселенной. *Астрономия, методология, мировоззрение*, с. 180–186. М.: Наука.
- Генкин И. Л. 1994. Будущее Вселенной. *Вселенная и мы* 2: 5–13.
- Гилберт С. Ф., Опиц Д. М., Рэф Р. А. 1997. Новый синтез эволюционной биологии и биологии развития. *Онтогенез* 28(5): 345–343.
- Глинер Э. Б. 2002. Раздувающаяся вселенная и вакуумоподобное состояние физической среды. *Успехи физических наук* 172: 222–228.
- Денбиг К. 1995. К вопросу об энтропии, беспорядке и дезорганизации. *Знание – сила* 9: 43–51.
- Идлис Г. М. 1956. Теория относительности и структурная бесконечность Вселенной. *Астрономический журнал* 33(4): 622–626.
- Камшилов М. М. 1979. Факторы эволюции биосферы Земли. *Вопросы философии* 3: 128–137.
- Корочкин Л. И. 2002а. Онтогенез, эволюция и гены. *Природа* 7: 10–19.
- Корочкин Л. И. 2002б. Биология индивидуального развития (генетический аспект). М.: МГУ.
- Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. 1962. *Теория поля*. М.: Физматгиз.
- Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. 1964. *Статистическая физика*. М.: Наука.
- Мандельброт Б. 1988. Самоаффинные фрактальные множества. *Фракталы в физике* / Ред. Л. Пьетронеро, Э. Тозатти, с. 9–47. М.: Мир.
- Матвеев М. Н. 1973. Второе начало термодинамики и проблема предбиологической эволюции. *Вестник МГУ. Философия* 4: 36–46.
- Математический энциклопедический словарь. 1988. М.: Советская энциклопедия.
- Панов А. Д. 2009. Лучше меньше, да лучше. О книге С. Д. Хайтуна «Феномен человека на фоне универсальной эволюции». *Эволюция: космическая, биологическая, социальная* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Марков, А. В. Коротаев, с. 128–198. М.: URSS.
- Пенроуз Р. 2003. *Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики*. М.: URSS.
- Петров Ю. П. 1970. Энтропия и неупорядоченность. *Природа* 2: 71–74.
- Потапов А. А. 2002. *Фракталы в радиофизике и радиолокации*. М.: Логос.
- Розгачева И. К. 1993. Фракталы в Космосе. *Земля и Вселенная* 1: 10–16.
- Суворов С. Г. 1967. К 50-летию со дня смерти Марианна Смолуховского. *Успехи физических наук*. Т. 93 (4): 719–723.
- Федер Е. 1991. *Фракталы*. М.: Мир.
- Физика. Большой энциклопедический словарь. 1999. М.: Большая Российская Академия.
- Хайтун С. Д. 1996. *Механика и необратимость*. М.: Янус.

- Хайтун С. Д. 2005. *Феномен человека на фоне универсальной эволюции*. М.: КомКнига/URSS.
- Хайтун С. Д. 2006. *Социум против человека: Законы социальной эволюции*. М.: КомКнига/URSS.
- Хайтун С. Д. 2007. *От эргодической гипотезы к фрактальной картине мира: Рождение и осмысление новой парадигмы*. М.: КомКнига/URSS.
- Хайтун С. Д. 2009а. «Тепловая смерть» на Земле и сценарий ее предотвращения. Ч. 1. *Энергетика, построенная на круговороте тепла и вечных двигателях 2-го рода*. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS.
- Хайтун С. Д. 2009б. «Тепловая смерть» на Земле и сценарий ее предотвращения. Ч. 2. *Вечные двигатели 2-го рода и несостоятельность запрета на них*. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS.
- Ханин К. М. 1998. Фракталы. *Физическая энциклопедия*: в 5 т. Т. 5, с. 371–372. М.: БРЭ.
- Чайковский Ю. В. 1990. *Элементы эволюционной диатропики*. М.: Наука.
- Чайковский Ю. В. 2003. *Эволюция*. Вып. 22. М.: Центр системных исследований, ИИЕТ РАН.
- Чайковский Ю. В. 2006. *Наука о развитии жизни. Опыт теории эволюции*. М.: КМК.
- Чернин А. Д. 2001. Космический вакуум. *Успехи физических наук* 171: 1153–1175.
- Штеренберг М. И. 2003. Энтропия в теории и в реальности. *Вопросы философии* 3: 103–113.
- Ackerson R. J. 1993. When Order is Disordered. *Nature* 365: 11–12.
- Caves C. M. 1993. Information and Entropy. *Physical Review* E47: 4010–4017.
- Denbigh K. G. 1989. Note of Entropy. Disorder and Disorganization. *British Journal Philosophy of Science* 40: 323.
- Denbigh K. G., Denbigh J. S. 1985. *Entropy in Relation to Incomplete Knowledge*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Dominguez-Tenreiro R., Roy L. J., Martinez V. J. 1992. On the Multifractal Character of the Lorenz Attractor. *Progress of Theoretical Physics* 87: 1107–1118.
- Farmer J. D., Ott E., Yorke J. A. 1983. The Dimension of Chaotic Attractor. *Physica* D7: 153–180.
- Mandelbrot B. V. 1977. *Fractals: Form, Change, and Dimension*. San Francisco: Freeman.

### Аннотация

Следом за Карлом Поппером, точка зрения которого победила в современной философии науки, автор полагает, что истинность никакой научной теории не может быть доказана в принципе, если даже какая-то из них и истинна «на самом деле»; поскольку же нам неизвестно, как обстоят дела «на самом деле», постольку завтра может оказаться опровергнутой любая научная теория, сколь бы суровую проверку она ни проходила в прошлом. Отсюда следует, и это подтверждается представлениями о фрактальности эволюции научного знания, то есть о его развитии через каскад точек ветвления, что сосуществование альтернативных теорий нормально для науки и, стало быть, ни у кого нет права навязывать какую бы то ни было теорию другим как истинную.

К сожалению, в науке, в отличие от философии науки, продолжает господствовать противоположная – позитивистская – точка зрения, согласно которой для тех или иных теорий может быть установлена их истинность, и тогда их сторонники имеют право и даже обязаны – во имя блага человечества – навязывать всем окружающим эти теории.

Именно такой представляется позиция г-на Панова, который любезно взял на себя труд отрецензировать мою книгу «Феномен человека на фоне универсальной эволюции» и точка зрения которого по целому ряду пунктов отличается от моей, отклоняющейся в этих пунктах от общепринятой (мейнстримной). Скажем, придерживаясь (достаточно распространенных) автогенетических представлений, я считаю несостоятельной теорию естественного отбора Ч. Дарвина. Трактовка энтропии как меры беспорядка применительно к *реальным системам* также представляется мне ошибочной (тогда как энтропия отдельно взятого математического распределения мерой беспорядка является). Собственный взгляд у меня на размерность фрактальных структур. И т. д. и т. п. Каждое отклонение от мейнстрима я подробно обосновываю.

Собственно, если бы развиваемая мною концепция не была достаточно оригинальной, то не было бы и необходимости в написании книги. Г-н Панов же, придерживаясь по каждому спорному пункту традиционной точки зрения, считает своим долгом обличить мои выводы как ошибочные, утверждая, что «очень значительная часть книги... написана на очень низком уровне». При этом, однако, г-н Панов каждый раз (я не обнаружил исключений) *принимает за фактические ошибки межпарадигмальные расхождения*. Последнее я и пытаюсь доказать в моем ответе г-ну Панову. Насколько это мне удалось, судить читателю. Я же остаюсь при своем мнении, что моя точка зрения – как и точка зрения г-на Панова – имеет право на существование.

### 7

## Комментарии к ответам С. Д. Хайтуна на рецензию его книги

А. Д. Панов

Хотелось бы начать с возражений уважаемого Сергея Давыдовича, которые можно признать справедливыми. К таковым, на мой взгляд, относятся его возражения на мою критику использования им понятия «поле взаимодействия» в очень расширительном смысле вместо терминологии, принятой в физике частиц. Действительно, от неспециалиста в физике частиц или квантовой теории поля нельзя требовать использования соответствующей специальной терминологии (несмотря даже на то, что она встречается в том числе в Физической энциклопедии). Тем более что подобное расширительное толкование терминов вроде «поле взаимодействия», «единое поле материи» и т. д. нередко встречается в статьях, опубликованных в Интернете и различных популярных изданиях.

Я не буду подробно комментировать все ответы Сергея Давыдовича на мою рецензию – это заняло бы слишком много места. Хочу только остановиться на некоторых характерных примерах, для чего в качестве образца использую часть ответов Сергея Давыдовича, относящихся к анализу понятия фрактала и связанных с ним вещей.

В своих возражениях на критику Сергей Давыдович пишет: «Для г-на Панова исходным и абсолютным является определение фрактала как самоподобного множества, которое он дает, ссылаясь на Википедию и Физическую энциклопедию». Здесь имеет место *подмена аргумента*, так как я критику сосредоточиваю вовсе не на самоподобии. Вот фрагмент из моей рецензии: «Масштабная инвариантность является в этих определениях (различных определениях фрактала. – А. П.) центральным пунктом, поэтому по определению фрактал является *геометрическим объектом, определенным в метрическом пространстве, где только и определено понятие масштаба*» (курсив из оригинала рецензии. – А. П.). Нетрудно видеть, что у меня специально подчеркнуто то обстоятельство, что фрактал является геометрическим объектом (а вовсе не масштабно-инвариантным объектом) и именно в этом направлении в первую очередь сосредоточена моя критика. Критикуются вводимые Сергеем Давыдовичем «непространственные фракталы», которые не являются геометрическими объектами и потому вовсе не являются фракталами, а являются просто иерархическими структурами. На это Сергей Давыдович не обращает никакого внимания, но вместо этого непонятно зачем посвящает