**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ

1. Понятие научной картины мира

2. Энтропия в современной картине мира

2.1 Синергетика

2.2 Термодинамическая, статистическая и информационная энтропия

2.3 Энтропия и необратимость

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

# ВВЕДЕНИЕ

В мировой литературе едва ли найдется еще одно понятие, которое вызвало бы столько же споров, кривотолков и спекуляций, как энтропия. Ей посвящены тысячи научных и околонаучных статей и книг. В них предложено множество интерпретаций этого понятия, плохо поддающегося интуитивному восприятию. Однако они не дали однозначного толкования физического смысла этого довольно абстрактного понятия и не прекратили потока публикаций на эту тему. Тем временем понятие энтропии перешагнуло границы физики и проникло в самые сокровенные области человеческой мысли. Наряду с энтропией Клаузиуса появилась статистическая, информационная, математическая, лингвистическая, интеллектуальная и т.п. энтропия.

Цель настоящей работы – распутать (по возможности кратко) нити, связывающие энтропию с диссипацией энергии, необратимостью и хаосом, и вскрыть истоки того тесного переплетения истины и заблуждений, которое привело к смешению термодинамических, статистических и информационных аспектов понятия необратимости, к абсолютизации принципа возрастания энтропии и к искажению действительных причинно – следственных отношений между ними.

# 1. Понятие научной картины мира

Научная картина мира это – множество теорий в совокупности описывающих известный человеку природный мир, целостная система представлений об общих принципах и законах устройства мироздания. Поскольку картина мира это системное образование, ее изменение нельзя свести ни к какому единичному, пусть и самому крупному и радикальному открытию. Как правило, речь идет о целой серии взаимосвязанных открытий, в главных фундаментальных науках. Эти открытия почти всегда сопровождаются радикальной перестройкой метода исследования, а так же значительными изменениями в самих нормах и идеалах научности.

Таких четко и однозначно фиксируемых радикальных смен научной картины мира, научных революций в истории развития науки можно выделить три, обычно их принято персонифицировать по именам трех ученых сыгравших наибольшую роль в происходивших изменениях.

1. Аристотелевская (VI-IV века до нашей эры) в результате этой научной революции возникла сама наука, произошло отделение науки от других форм познания и освоения мира, созданы определенные нормы и образцы научного знания. Наиболее полно эта революция отражена в трудах Аристотеля. Он создал формальную логику, т.е. учение о доказательстве, главный инструмент выведения и систематизации знания, разработал категориально понятийный аппарат. Он у твердил своеобразный канон организации научного исследования (история вопроса, постановка проблемы, аргументы за и против, обоснование решения), дифференцировал само знание, отделив науки о природе от математики и метафизики
2. Ньютоновская научная революция (XVI-XVIII века), Ее исходным пунктом считается переход от геоцентрической модели мира к гелиоцентрической, этот переход был обусловлен серией открытий, связанных с именами Н. Коперника, Г. Галилея, И. Кеплера, Р. Декарта, И. Ньютон, подвел итог их исследованиям и сформулировал базовые принципы новой научной картины мира в общем виде. Основные изменения:
* Классическое естествознание заговорило языком математики, сумело выделить строго объективные количественные характеристики земных тел (форма величина, масса, движение) и выразить их в строгих математических закономерностях.
* Наука Нового времени нашла мощную опору в методах экспериментального исследования, явлений в строго контролируемых условиях.
* Естествознания этого времени отказалось от концепции гармоничного, завершенного, целесообразно организованного космоса, по их представления Вселенная бесконечна и объединена только действием идентичных законов.
* Доминантой классического естествознания, становится механика, все соображения, основанные на понятиях ценности, совершенства, целеполагания, были исключены из сферы научного поиска.
* В познавательной деятельности подразумевалась четкая оппозиция субъекта и объекта исследования. Итогом всех этих изменений явилась механистическая научная картина мира на базе экспериментально математического естествознания.
1. Эйнштейновская революция (рубеж XIX-XX веков). Ее обусловила сери открытий (открытие сложной структуры атома, явление радиоактивности, дискретного характера электромагнитного излучения и т.д.). В итоге была подорвана, важнейшая предпосылка механистической картины мира – убежденность в том, что с помощью простых сил действующих между неизменными объектами можно объяснить все явления природы.

Фундаментальные основы новой картины мира:

1. общая и специальная теория относительности (новая теория пространства и времени привела к тому, что все системы отсчета стали равноправными, поэтому все наши представления имеют смысл только в определенной системе отсчета. Картина мира приобрела релятивный, относительный характер, видоизменились ключевые представления о пространстве, времени, причинности, непрерывности, отвергнуто однозначное противопоставление субъекта и объекта, восприятие оказалось зависимым от системы отсчета, в которую входят и субъект и объект, способа наблюдения и т.д.)
2. квантовая механика (она выявила вероятностный характер законов микромира и неустранимый корпускулярно-волновой дуализм в самых основах материи). Стало ясно, что абсолютно полную и достоверную научную картину мира не удастся создать никогда, любая из них обладает лишь относительной истинностью.

Позднее в рамках новой картины мира произошли революции в частных науках в космологии (концепция не стационарной Вселенной), в биологии (развитие генетики), и т.д. Таким образом, на протяжении XX века естествознание очень сильно изменило свой облик, во всех своих разделах.

Три глобальных революции предопределили три длительных периода развития науки, они являются ключевыми этапами в развитии естествознания. Это не означает, что лежащие между ними периоды эволюционного развития науки были периодами застоя. В это время тоже совершались важнейшие открытия, создаются новые теории и методы, именно в ходе эволюционного развития накапливается материал, делающий неизбежной революцию. Кроме того, между двумя периодами развития науки разделенными научной революцией, как правило, нет неустранимых противоречий, согласно сформулированному Н. Бором, принципу соответствия, новая научная теория не отвергает полностью предшествующую, а включает ее в себя в качестве частного случая, то есть устанавливает для нее ограниченную область применения. Уже сейчас, когда с момента возникновения новой парадигмы не прошло и ста лет многие ученые высказывают предположения о близости новых глобальных революционных изменений в научной картине мира.

# 2. Энтропия в современной картине мира

##

## 2.1 Синергетика

В классической науке господствовало убеждение, что материи свойственна тенденции к понижению степени ее упорядоченности, стремление к равновесию, что в энергетическом смысле означает хаотичность. Такой взгляд на природу был сформулирован в рамках равновесной термодинамики (то есть, науки о превращении различных видов энергии друг в друга). Первое начало термодинамики – закон превращения и сохранения энергии в принципе не запрещает перехода энергии от менее нагретых тел к более нагретым, единственное условие, что бы общее количество энергии не изменялось. В реальности мы непосредственно такого не наблюдаем, поэтому в термодинамику было введено новое понятие энтропии, то есть меры беспорядка системы. Второе начало термодинамики приняло следующий вид: при самопроизвольных процессах в системах имеющих постоянную энергию энтропия всегда возрастает. В системе с постоянной энергией, то есть изолированной от внешней среды упорядоченность всегда со временем становится меньше, максимальная энтропия означает, полное равновесие и полный хаос. Применительно к вселенной в целом, которую тоже можно рассматривать как замкнутую систему с постоянной энергией, из этого следует, что рано или поздно вся энергия превратится в тепловую. Тепловая энергия рассеется, равномерно распределится между всеми элементами системы. Однако уже в то время когда принцип не убывания энтропии во Вселенной считался абсолютно универсальным и непреложным, были известны системы противоречащие ему. Степень их упорядоченности, со временем не убывала, а возрастала. К ним относились, прежде всего, живые организмы и их сообщества. Когда принцип эволюционизма, был распространен на другие уровни организации материи, противоречие стало еще заметнее. Стало очевидно, что для сохранения целостной не противоречивой картины мира нужно признать, что в природе действует не только разрушительный, но и созидательный принцип. Что материя способна самоорганизовываться и самоусложняться. На волне этих проблем возникла синергетика – теория самоорганизации. В настоящее время она развивается по нескольким направлениям: синергетика (Г. Хакен), неравновесная термодинамика (И. Пригожин) и др.

Общими положениями для всех для них являются следующие:

1. процессы разрушения и созидания во Вселенной по меньшей мере равноправны.
2. процессы созидания нарастания сложности и упорядоченности) имеют единый алгоритм независимо от природы систем в которых они осуществляются.

Таким образом, синергетика ставит перед собой задачу выявление некого универсального механизма, с помощью которого осуществляется самоорганизация как в живой, так в неживой природе. Под самоорганизацией в данном случае понимается спонтанный переход открытой неравновесной системы от менее сложного к более сложным и упорядоченным формам организации.

Объектами синергетики являются системы, которые 1. открытые, то есть, способны обмениваться веществом с окружающей внешней средой; 2. неравновесные, то есть находящиеся в состоянии далеком от термодинамического равновесия. Развитие таких систем, приводящее к постепенному нарастанию сложности, протекает следующим образом первая фаза – период плавного эволюционного развития с хорошо предсказуемыми линейными изменениями, приводящими в итоге к некому неустойчивому критическому состоянию. Вторая фаза – выход из критического состояния одномоментно скачком и переход в новое устойчивое состояние с большей степенью сложности и упорядоченности. Особенно важно учесть, что переход в новое устойчивое состояние не является однозначным. Система достигшая, критического состояния находится как бы на развилке, оба варианта в момент выбора являются одинаково возможными. Но как только выбор сделан, и система достигла нового состояния равновесия, обратного пути нет, развитие систем такого рода всегда необратимо и непредсказуемо, точнее любые прогнозы ее развития могут носить лишь вероятностный характер.

Синергетическая интерпретация явлений открывает новые возможности их изучения.

В обобщенном виде новизна синергетического подхода состоит в следующем:

1. хаос не только разрушителен, но и созидателен, развитие осуществляется, через неустойчивость (хаотичность).
2. линейный характер эволюции сложных систем, не правило, а частный случай, развитие большинства систем носит нелинейный характер, для сложных систем всегда существует несколько возможных путей развития.
3. Развитие осуществляется через случайный выбор одной из нескольких возможностей дальнейшей эволюции, следовательно случайность необходимый элемент эволюции.

Синергетика возникла на базе физических дисциплин – термодинамики, радиофизики и пр. Но в настоящее время ее идеи уже имеют междисциплинарный характер, они подводят базу под глобальный эволюционный синтез, осуществляющийся в науке.

##

## 2.2 Термодинамическая, статистическая и информационная энтропия

Введение понятия энтропии связано с поиском координаты теплообмена, т.е. физической величины, неизбежно изменяющейся в процессе теплообмена и остающейся неизменной в его отсутствие (подобно тому, как ведет себя объем V в процессе совершения работы сжатия). Р. Клаузиус нашел эту координату для частного случая равновесного (обратимого) теплообмена путем разбиения произвольного цикла тепловой машины серией адиабат и изотерм на ряд элементарных обратимых циклов Карно. Если в каждом из них элементарные количества тепла, получаемого и отдаваемого при температурах соответственно Т'и Т", обозначить через *đQ'* и *đQ"*, то термический КПД каждого такого цикла ηt выразится соотношением:

ηt ≡ *1 – đQ"/đQ' = 1 – Т"/ Т'*,(1)

В таком случае сумма так называемых «приведенных теплот» *đQ'/Т'* и *đQ"/Т*" по всем элементарным циклам (а в пределе и круговой интеграл от приведенной теплоты *đQ/Т*) окажется равным нулю независимо от конфигурации цикла. Последнее означает, что выражение *đQ/Т* представляет собой полный дифференциал некоторой функции состояния, которую Р. Клаузиус назвал энтропией *S*:

*dS = đQ/Т* или *đQ = ТdS*. (2)

Хотя смысл этой операции состоял только в доказательстве существования координаты обратимого теплообмена, название параметра *S*, данное ему Р. Клаузиусом (в переводе с греческого энтропия означает «внутреннее превращение») подчеркивало совершенно иное и необычное для науки того времени свойство энтропии возрастать и в отсутствие теплообмена (вследствие самопроизвольного превращения упорядоченных форм энергии в тепловую). Эта двойственность энтропии как параметра, существующего независимо от необратимости, но возрастающего именно вследствие последней, и породила многочисленные дискуссии о физическом смысле этого параметра. Оглядываясь назад, можно лишь сожалеть, что в связи с крушением теории теплорода как «неуничтожимого флюида» для введенного Р. Клаузиусом нового параметра не нашлось лучшего термина, более близкого по смыслу к теплороду как аналогу массы воды, падающей в водяных колесах с одного уровня на другой. Эта аналогия тепловых машин с водяными двигателями была подмечена ещё С. Карно (1824). Не изменилась, к сожалению, ситуация и после введения Гельмгольцем (1847) понятия «связанной» (с тепловым движением) энергии *ТS,* когда, казалось бы, стало ясным, что энтропия Клаузиуса *S –* это количественная мера хаотического движения, находящаяся в таком же отношении к связанной энергии *ТS,* как импульс – к кинетической энергии.

Физический смысл энтропии Клаузиуса *S* несложно выяснить, если признать существование тепловой энергии *U*т как части внутренней энергии *U*. Эта энергия изменяется как вследствие подвода тепла *Q* извне, так и вследствие выделения в системе теплоты диссипации *Q*Д, т.е. превращения в тепловую других (упорядоченных) форм внутренней энергии системы *U*. В условиях постоянства объема *V* системы (когда энергия подводится к ней исключительно путем теплообмена *Q*)

*dU= đQ = ТdS*. (3)

Это выражение имеет тот же вид, что и изменение внешней кинетической энергии *Е*kприизменении скорости *v* и импульса системы P = Мvв процессе ее ускорения:

*dЕk*= v∙dP. (4)

Из сопоставления (3) и (4) следует, что энтропия играет по отношению к внутренней тепловой энергии *U*т ту же роль, что и импульс системы P – по отношению к кинетической энергии. Иными словами, энтропия S характеризует суммарный импульс частиц системы, утративший свою векторную природу вследствие хаотичности теплового движения. Эту меру количества хаотического движения, складывающуюся из модулей импульсов отдельных частиц системы, следовало бы назвать *термоимпульсом*. В таком случае сразу бы стало ясным, что энтропия должна возрастать не только при подводе тепла извне, но и при возникновении ее внутренних источников вследствие трения, экзотермических химических реакций, воздействия токами высокой частоты, индукционного нагрева и т.п., т.е. при превращении упорядоченных форм энергии в тепловую. Это обстоятельство отражено в уравнении баланса энтропии:

*dS= d*е*S+ diS,* (5)

где *d*е*S –* обратимая часть изменения энтропии*,* обусловленная внешним теплообменом *δQ = Тd*е*S*; *diS –* возрастание энтропии, обусловленное внутренними источниками тепла диссипации *Qд = ТdiS* в системе.

Однако такое понимание пришло значительно позже. Поиски физического смысла энтропии и попытки найти альтернативу неизбежному, казалось бы, выводу о 'тепловой смерти Вселенной' привели к статистическому толкованию второго начала термодинамики. Полагая, что возрастание энтропии в необратимых процессах отражает стремление природы к более вероятному состоянию, Л. Больцман приходит к выводу, что зависимость между энтропией *S* и термодинамической вероятностью состояния Ω имеет вид:

*S = k* ln Ω, (4)

где *k –* константа, названная впоследствии его именем.

Согласно этому выражению, энтропия термодинамических систем пропорциональна логарифму вероятности их состояния. Основным постулатом при этом явилось предположение, что наиболее вероятное распределение частиц (осуществляемое наибольшим числом способов) является одновременно и равновесным. Основанием для этого послужило то обстоятельство, что обе названные величины (энтропия и «термодинамическая» вероятность состояния Ω) аддитивны и достигают максимума в состоянии равновесия. Поскольку же наибольшему значению Ω соответствует состояние «молекулярного хаоса», энтропия в концепции Больцмана приобрела смысл меры неупорядоченности состояния системы.

В этой связи вполне уместен вопрос, в какой мере обоснован «принцип Больцмана», предполагающий, что наиболее вероятное распределение частиц газа по скоростям является одновременно и равновесным? В самом деле, если говорить о тепловом равновесии или создавать математическую модель теплового движения, то вполне логично было предположить, что тепловое равновесие можно отождествить с состоянием, характеризующимся максимальным числом перестановок различимых молекул и потому встречающимся наиболее часто. Однако для случаев нетеплового равновесия или для более сложных молекулярных моделей поливариантных систем (со многими степенями свободы) наиболее вероятно иное распределение тех же или иных свойств. Далее, допущение Больцмана о равновероятности всех микросостояний термодинамической системы взаимодействующих частиц никоим образом не соответствует действительности. В-третьих, даже если между *S* и Ω и существует корреляция, ниоткуда не следует, что энтропия является однозначной функцией только Ω. В-четвертых, энтропия – отнюдь не единственная величина, самопроизвольно изменяющаяся в одном направлении. Односторонне изменяется и объем системы V при расширении газа в пустоту, напряжения в телах при их релаксации, степени полноты самопроизвольных химических реакций, векторы поляризации и намагниченности после изоляции диэлектриков и магнетиков после изоляции их от внешних полей, и т.д. и т.п. Более того, односторонне изменяются в изолированной системе и такие функции состояния, как энергия Гельмгольца *F = U – TS* и Гиббса *G = U + pV – TS*, которые полнее отражают изменения их состояния, поскольку внутренняя энергия *U* заведомо зависит от всех переменных состояния поливариантной системы. Казалось бы, именно эти характеристические функции и следовало бы связывать с вероятностью состояния, а не энтропию как один из их независимых аргументов. Наконец, термодинамическая вероятность во многом зависит от того, какие частицы мы считаем различимыми. Это понятие «различимости» в термодинамике отлично от ее трактовки в квантовой механике, так что применение соотношения (3) к микросистемам с господствующими в них квантовыми законами требует специального обоснования. Подобных вопросов к Л. Больцману возникает, вообще говоря, множество. Все они свидетельствуют о правоте А. Гухмана, считавшего, что энтропия стала мерой «хаоса» только в силу субъективных причин.

Со статистической трактовкой энтропии связано появление еще одной ее разновидности – «негэнтропии» (negative entropy). Впервые этот термин применил Л. Больцман при статистической трактовке понятия энтропии. По Л. Больцману, процесс передачи отрицательной энтропии от Солнца к Земле означает их перераспределение между ними с уменьшением энтропии Земли и ее «упорядочиванием». Отсюда он делает вывод, что борьба биосистем за существование – это борьба за негэнтропию, а не за сырье и свободную энергию. Вслед за этим Э. Шредингер пишет о «поставке отрицательной энтропии с солнечным излучением» и о «высасывании» её организмами из окружающей среды. Трактовка ими энтропии как антипода понятий «организация», «упорядоченность» и «сложность» полностью игнорирует отсутствие в термодинамике понятия отрицательной энтропии и потому искажает истинную связь этого понятия с необратимостью и диссипацией.

Отличие термодинамической и статистической энтропии проявляется наглядно и при оценке ее величины для заполняющего Вселенную реликтового излучения. Если статистическая температура этого излучения, найденная по средней скорости движения космических частиц, превышает 2000 К, то термодинамическая темпера-тура, найденная по максиму излучения (из его спектральных характеристик), менее 3 К. Соответственно различаются и названные выше энтропии.

Еще дальше по своему физическому содержанию оказалось понятие информационной энтропии, которое было введено Шенноном, как полагают, «благодаря небрежному применению этого термина». Он установил, что количество информации о системе, полученное при измерениях, связано с происходящими при этом изменениями вероятности состояния системы таким же соотношением (с точностью до знака), как и для статистической энтропии. Это формальное сходство выражений для термодинамической энтропии и уменьшением количества информации привело его (а вслед за Бриллюэном (1955) – и других исследователей) к их необоснованному отождествлению. Такая точка зрения, естественно, не принимается теми физиками, которые более внимательно рассмотрели этот вопрос. Достаточно сказать, что информационная энтропия связана с процессом получения информации и не является параметром состояния, в отличие от термодинамической энтропии. Последующие исследования подтвердили, что «эти два понятия энтропии являются, несмотря на сходство, явно различимыми, и их отождествление может произойти лишь от непонимания». О том, насколько велико это различие, свидетельствует хотя бы тот факт, что термодинамическая энтропия не изменяется в процессе совершения обратимой работы, а дефицит информации – изменяется. Во всяком случае, «использование одного и того же термина (энтропия) для различных величин лишь вводит в заблуждение. Однако и это не предотвратило дальнейшей экстраполяции понятия энтропии за рамки термодинамических систем – появлению математической, лингвистической, интеллектуальной и т.п. энтропии, что еще более запутало смысл энтропии и привело к невероятному переплетению истины и заблуждений. Среди них – парадокс Гиббса (скачок энтропии при смешении невзаимодействующих газов), парадокс отрицательных абсолютных температур («инверсия» 2-го начала термодинамики), парадокс релятивистских тепловых машин (превышение ими КПД цикла Карно) и т.д. Однако наиболее тяжелым последствием для естествознания в целом явилось обусловленная этими причинами «абсолютизация» принципа возрастания энтропии, сделавшая ее мерой «любой и всякой» необратимости.

##

## 2.3 Энтропия и необратимость

Необратимость давно стала «камнем преткновения» многих физиков и философов. Одни из них считают ее результатом взаимодействия большого числа обратимых элементарных процессов, другие связывают ее с невоспроизводимостью граничных и начальных условий, третьи – с некоммутативностью процедуры измерений и невозможностью в связи с этим возврата в исходное состояние, четвертые – с нарушением симметрии некоторых физических законов при перемене знака времени, пятые – со статистической природой времени и т.д.

Чтобы разобраться в этом вопросе, коснемся вкратце его истории. Термин «необратимый» впервые появился в трудах основоположников термодинамики в противовес понятию «обратимый». Сначала С. Карно в своих «Размышлениях о движущей силе огня и о машинах способных развивать эту силу», а затем Р. Клаузиус в «Динамической теории теплоты» разными путями показали, что если какая-либо тепловая машина устроена так, что при работе ее в обратном направлении все механические и тепловые эффекты превращаются в противоположные, то она производит максимальное количество работы. Это означало, что в обратимых процессах «затраченная при этом механическая энергия может быть возвращена к первоначальному состоянию». Так возникло и сразу приобрело характер исходного постулата понятие обратимости. Судя по применению этого термина, классики понимали под ним возможность восстановления «движущей силы тепла». В частности, В. Томсон в статье «О динамической теории теплоты» прямо пишет: «Когда теплота или работа получаются с помощью необратимого процесса, происходит расточение механической энергии, и полное возвращение ее в первоначальное состояние невозможно». Поскольку же механическая энергия измеряется величиной работы, которую может совершить тело (система), необратимость в понимании основоположников термодинамики была синонимом потери ею работоспособности (как мы говорим сейчас, «диссипации» энергии). Именно поэтому Р. Клаузиус в своем знаменитом рассуждении о работе двух сопряженных тепловых машин принимает как само собой разумеющееся, что термический КПД *η* любой необратимой тепловой машины меньше, чем в обратимом цикле Карно при тех же температурах теплоисточника и теплоприемника. В таком случае, заменяя в (1) знак равенства неравенством (<), мы немедленно придем к выводу о том, что при протекании в системе любых необратимых процессов

*dS > δQ/Т,* (5)

т.е. её энтропия возрастает даже в отсутствие теплообмена системы с окружающей средой. Так возник принцип возрастания энтропии, выражающий существо 2-го закона термодинамики и отражающий одностороннюю направ-ленность самопроизвольных процессов в связи с их необратимостью. Поскольку же необратимы (по той или иной причине) все реальные процессы, энтропия стала мерой «любой и всякой» необратимости, а принцип возрастания энтропии был распространен на все без исключения системы. Такая «абсолютизация» принципа возрастания энтропии выразилась ярче всего в крылатой фразе Р. Клаузиуса: «Энергия Вселенной неизменна. Энтропия Вселенной возрастает».

 Немалому числу исследователей такая экстраполяция принципа возрастания энтропии, приводящая к выводу о неизбежной «тепловой смерти Вселенной», казалась крайне неубедительной. Действительно, любые диссипативные процессы необратимы, поскольку в соответствии со 2-м началом термодинамики выделяющаяся при диссипации теплота не может быть целиком превращена в работу. Однако далеко не всякий необратимый процесс диссипативен. В частности, необратим процесс смешения невзаимодействующих газов, находящихся при одинаковой температуре и давлении. Однако он не сопровождается выделением тепла и потерей работоспособности, поскольку система невзаимодействующих газов еще до смешения находилась в полном (термическом и механическом) равновесии. Что же касается Вселенной, то по современным воззрениям «Вселенная в целом всегда неравновесна... она развивается необратимо без стремления перейти в состояние равновесия». Это означает, что во Вселенной наряду с процессами диссипации энергии в одних её областях протекают процессы концентрации энергии в других областях такой системы.

Как следует из вышеизложенного, основоположники термодинамики Р. Клаузиус и В. Томсон понимали необратимость лишь как следствие утраты системой работоспособности (снижения КПД тепловых машин). Эта необратимость является следствием диссипации энергии (перехода ее упорядоченных форм в тепловую). Всякий диссипативный процесс необратим постольку, поскольку «рассеянная» теплота не может быть целиком превращена в работу. Иного рода необратимость, связанная с «разбеганием (ветвлением) траектории», когда при протекании какого-либо нестатического процесса преодолеваются все имеющиеся в системе термодинамические силы, т.е. происходят процессы превращения энергии не только в тепловую, но и в другие ее формы в соответствии с природой преодолеваемых сил (механические, электрические, химические, поверхностные, магнитные и т.п.). В таком случае даже в отсутствие диссипации невозможно возвратиться к началу процесса, обратив знак любого из этих процессов – для этого потребуется уже обращение знака и величины всех термодинамических сил, преодолеваемых в ходе прямого процесса. Это в общем случае так же невозможно, как и удаление всех «метастазов» при раковых заболеваниях. Далее, необратимость может явиться следствием предельного перехода к бесконечному числу частиц вследствие невозможности восстановить первоначальное их распределение. Наконец, необратимость может возникнуть в системе бесконечных размеров типа Вселенной вследствие того, что «сигнал» не возвращается в систему или возвращается в нее с задержкой.

Таким образом, современное содержание понятия необратимости много шире его трактовки Клаузиусом и Томсоном. Эту широту и философское звучание понятию необратимости придал М. Планк, который понимал под ней «невозможность вернуть всю природу в то состояние, в котором она находилась к началу процесса». В этом его требовании слились воедино различные аспекты проблемы необратимости. С общенаучной точки зрения необратимы все процессы, подчиняющиеся причинно – следственным отношениям, ибо следствие не может породить причину. Со статистико-механической точки зрения необратимы все процессы, увеличивающие вероятность состояния. С позиций теории информации необратимы все процессы, сопровождающиеся снижением определенности наших знаний о состоянии системы. В термодинамике необратимы все процессы, приводящие к превращению упорядоченных форм энергии в тепловую. Объем этих понятий различен. Поэтому следует различать необратимость термодинамическую, связанную с ростом термодинамической энтропии; статистическую, обусловленную ростом статистической энтропии, и необратимость информационную, связанную с ростом информационной энтропии. В смешении этих аспектов необратимости и соответствующих им понятий энтропии и кроются, на наш взгляд, гносеологические корни тех заблуждений, которые привели к абсолютизации принципа возрастания энтропии и к выводу о неизбежной «тепловой смерти Вселенной».

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базаров И.П. Термодинамика. Изд. 4-е. – М.: Высшая школа, 1991.
2. Губбыева З.О. Современная научная картина мира [Электронный ресурс]: http://www.tspu.tula.ru/res/other/kse/lec3.html
3. Денбиг К. Введение в термодинамику необратимых процессов. – М.: Изд.-во иностр. лит. 1960.
4. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986.
5. Шамбадаль П. Развитие и приложения понятия энтропии. – М.: Наука, 1967.
6. Эткин В.А. Многоликая энтропия [Электронный ресурс]: http://zhurnal.lib.ru/e/etkin\_w\_a/mnogolikayaentropyja.shtml