

Швец Андрей Владимирович  
andreyshvets@mail.ru

В работе изложен альтернативный взгляд на роль энтропии в развитии систем. Предложено уравнение, связывающее термодинамическую и информационную энтропии. При анализе явления «тепловой смерти» применено разделение системы на два уровня, с целью показать, что основная характеристика этого явления не максимальная энтропия на микроуровне, а энтропия, равная нулю, на макроуровне.

## **ФЕНОМЕН «ТЕПЛОВОЙ СМЕРТИ»**

Понятие энтропии широко применяется в различных областях знаний, но всегда ли под ним понимается одно и то же? Возьмем за точку отсчета определение Шеннона, принятое в теории информации. Энтропия системы равна:

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i, \quad (1)$$

где  $p_i$  – вероятность  $i$ -го состояния этой системы.

Чем больше у системы возможных равновероятных состояний, тем выше ее энтропия и выше неопределенность ее поведения. Поэтому энтропию еще называют мерой неопределенности.

Представление о тепловой смерти, которой посвящена эта работа, основано на понятии энтропии, принятом в термодинамике. Поэтому для дальнейшего анализа следует выразить «термодинамическую» энтропию через «информационную». Больцман установил, что в термодинамике энтропия газа обусловлена числом микросостояний, которыми может быть реализовано данное макросостояние. Чем большее число перестановок молекул можно совершить, не меняя макросостояние всей системы, тем выше термодинамическая энтропия. Она характеризует степень рассеяния энергии. Поскольку работа совершается только при изменении макропараметров, то энергия, затрачиваемая на перемещение молекул без изменений на макроуровне, не производит полезной работы.

Для перехода к энтропии Шеннона от энтропии Больцмана необходимо исследовать зависимость микро- и макро- уровней. Будем их считать двумя взаимозависимыми подсистемами. Тогда их энтропия объединения, которую

будем называть совокупной энтропией системы, по известному уравнению равна:

$$H(\text{Макро, Микро}) = H(\text{Макро}) + H(\text{Микро/Макро})$$

или

$$H(\text{Макро, Микро}) = H(\text{Микро}) + H(\text{Макро/Микро}) \quad (2)$$

$H(\text{Микро})$  – энтропия микроуровня;  
 $H(\text{Макро})$  – энтропия макроуровня;  
 $H(\text{Макро/Микро})$  – условная энтропия, обусловленная внешней средой и не зависящая от внутренних процессов;  
 $H(\text{Микро/Макро})$  – условная энтропия микроуровня при неизменных макросостояниях.

Приравняв правые части равенств, получим выражение для энтропии макроуровня системы.

$$H(\text{Макро}) = H(\text{Микро}) + H(\text{Макро/Микро}) - H(\text{Микро/Макро}) \quad (3)$$

Условная энтропия  $H(\text{Макро/Микро})$  – энтропия воздействий внешней среды на систему, характеризует изменения макросостояния, не вызванные процессами на микроуровне.  $H(\text{Микро/Макро})$  – термодинамическая энтропия системы, характеризует изменения на микроуровне при отсутствии изменений на макроуровне. Из этого выражения следует, что энтропия макроуровня системы тем больше, чем больше значения энтропии микроуровня и энтропии воздействия внешней среды и чем меньше термодинамическая энтропия. В предельном случае, при максимальной термодинамической энтропии, энтропия макроуровня может стать равной нулю. Это и есть случай тепловой смерти. Нулевая энтропия макроуровня системы, говорит о том, что на этом уровне уже никогда ничего не произойдет. Именно это обстоятельство поражает и пугает наше воображение. Не максимальная термодинамическая энтропия, а полное отсутствие энтропии на макроуровне. Возникает ситуация когда энтропия микроуровня уже не передается на уровень более высокий, и на котором, вследствие этого, прекращаются все процессы – наступает смерть.

В этом случае можно говорить о том, что термодинамическая энтропия  $H(\text{микро/макро})$  является мерилем разорганизованности. Но тогда следует ввести определение организации.

**Организация** – процесс передачи энтропии с более низкого уровня системы на более высокий.

Так неорганизованное общество может обладать высокой энтропией на микроуровне. Каждый индивид волен поступать, как ему вздумается. Но ни один из них не может влиять на общество в целом, которое остается в этом

своем аморфном состоянии. В организованном же обществе решения или идеи одного человека, могут влиять на макропараметры всей системы. Тело погибшего животного на макроуровне обладает почти нулевой энтропией, с минимумом возможных состояний. Тогда как перемещение какой-нибудь одной молекулы в нервной системе живого организма может привести к движению или изменению состояния всего животного. У которого, благодаря этому, появляется множество возможных состояний. Таким образом, посредством организации передается энтропия с микро- на макроуровень.

Принято отождествлять увеличение энтропии с ослаблением связей между элементами, но это лишь частный случай. Появление новых связей может повлечь за собой и увеличение энтропии. Современный человек имеет гораздо больше возможностей, чем человек первобытный. И поэтому его энтропия выше, несмотря на обилие различных связей и зависимостей. У наших далеких предков не было свободного времени и не было выбора, все действия были подчинены задаче выживания и зависели от внешних условий. Любое новаторство могло закончиться смертью. Мы же обладаем большим объемом свободного времени, большей свободой для творчества. Кроме того, новые связи и институты создают новые состояния, которых не было ранее.

Человек стремится обладать большей энтропией. Можно сказать, что целью прогресса человеческого общества является увеличение энтропии каждого индивидуума, то есть увеличение энтропии микроуровня. Выражение для нее будет иметь следующий вид:

$$H(\text{Микро}) = H(\text{Макро, Микро}) - H(\text{Макро/Микро}) \quad (4)$$

Применительно к обществу это означает, что энтропия отдельных людей тем выше, чем выше совокупная энтропия всех уровней этого общества и чем меньше энтропия внешних воздействий. Поэтому общество развивается в сторону усложнения организации, с целью роста энтропии на макроуровне, увеличения свободы выбора и творчества на микроуровне и покорения внешней среды обитания для уменьшения энтропии внешнего воздействия.

Таким образом, повышение энтропии является не угрозой прогрессу, а его целью и его условием. Даже возникновение жизни можно считать способом, которым природа передает энтропию с микроуровня на макроуровень. Если часовой механизм работает точно и предопределенно, то вращение стрелок нельзя назвать развитием, для развития нужна спонтанность и неопределенность. То есть для развития и увеличения энтропии необходима сама энтропия, а это приводит к тому, что развитие носит экспоненциальный характер. Более высокий уровень энтропии приводит к более интенсивному ее росту, вследствие чего она растет еще быстрее. Феномен же тепловой смерти страшит нас тем, что из-за разорганизации энтропия перестает передаваться с микро- на макроуровень системы. Энтропия макроуровня становится равной нулю, что означает прекращение всякого развития - смерть.