

ФИЗИКА СОЗНАНИЯ И ЖИЗНИ

УДК 151.21.31+121.21.61+159.9.101+159.96+167.0+510.2+530.145+577.359+577.38

Букалов А. В.

КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ И ЭНЕРГИЯ ВАКУУМА

Международный институт соционики, Физическое отделение
а/я 23, г. Киев-206, 02206, Украина;
e-mail: boukalov@socionics.ibc.com.ua

Показано, что существующие оценки количества информации в живых организмах не учитывают динамических степеней свобод живого вещества. Получены новые формулы для оценки количества информации в живых организмах, дающие значения, на многие порядки превышающей прежние оценки. Эти результаты впервые показывают качественное и количественное отличие живого от неживого. Показано, что упорядоченность живых организмов определяется величиной общей энергии вакуума Вселенной. Получена оценка количества живых клеток, биосфер и общей биомассы, эквивалентных земной в типичной галактике и Вселенной в целом.

Ключевые слова: биологическая упорядоченность, информация в живых организмах, квант события, темпоральный квант, биомасса Вселенной, биомасса Галактики, клетка, биосфера Земли, количество биосфер во Вселенной, термодинамика, теория информации, энергия вакуума, гравитация, энтропия, жизнь во Вселенной.

PACS number: **04.90.+e, 05.00.00, 05.70.-a, 65.40.Gr, 98.80.-k**

Как известно, существующие оценки биологической упорядоченности, или количества информации в живых организмах, не позволяют различать живые и неживые структуры. С точки зрения термодинамических критериев [8], как подчеркивал Л. Блюменфельд, живой организм ничем не отличается от куска горной породы того же веса. Тем не менее, совершенно понятно, что существует серьезное различие между живым и неживым. В таком случае, оно должно найти свое отражение в более общей формуле оценки информации или степени упорядоченности живого организма по сравнению с неживым веществом. Ведь оценка Блюменфельда на основе формулы К. Шеннона затрагивает только термодинамический аспект и не касается динамических аспектов жизненных процессов, наличие которых отличает живую материю от неживой. Между тем, термодинамическое и динамическое описания являются дополнительными [4].

В случае оценки информации упорядоченности расположения клеток в организме [8] учитывается только их расположение в статическом состоянии. Впрочем, уже физическая реализуемость такого уникального расположения клеток требует гораздо больше информации и энергетических затрат¹.

Поэтому для живого организма необходим учет динамических степеней свободы, именно тех, которые обеспечивают биологическому веществу статус «живого». Что это за степени свободы?

В подходе Л. Блюменфельда, биологическая упорядоченность, или количество информации в энергетическом эквиваленте, для клетки, содержащей $10^{10 \pm 11}$ аминокислотных остатков, составляет

$$I = kT \ln w = kT \ln(N!) = kT \ln(10^{10 \pm 11}!) \approx kT \ln N = kT \cdot 10^{10 \pm 12} \text{бит} = 10^{-9 \pm 11} \text{Дж.} \quad (1)$$

Для человека, организм которого содержит $\sim 10^{25}$ аминокислотных остатков, эта формула дает всего лишь

$$I = kT \ln(10^{25}!) \approx kT \cdot 10^{25} \cdot \ln 10^{25} \approx 10^{26} kT \approx 10^6 \text{Дж, при } T=300\text{K} \quad (2)$$

Отсюда и следует, что живое вещество по упорядоченности ничем не отличается от минерала аналогичного веса [8]. Однако **это рассуждение и приведенная формула имеют существенный недостаток, никем до сих пор не замеченный**. Они справедливы лишь для биологической структуры с неподвижными молекулами, для статичного, «замороженного» организма (даже не

¹ Как курьез можно рассматривать «исследования» по стоимости набора химических элементов, из которых состоит тело человека: воды, железа, фосфора, углерода и др. — около \$5. Между тем ясно, что только синтез системы конкретных белков, как впрочем и ДНК, требует гигантских затрат, как энергетических, так и материальных. Эволюции на это потребовались миллиарды лет.

мертвого в силу протекания в последнем биологических процессов при $T \approx 300\text{K}$). Иными словами, не учитывается динамический аспект живого вещества. А ведь живые организмы являются неравновесными динамическими структурами и обладают как пространственными, так и временными степенями свобод. Ведь **все биохимические процессы скоррелированы в пространстве и во времени**.

В неживой материи уникальных динамических степеней свобод немного. Однако в неравновесных системах, где нарушена симметрия (например, в ячейках Бенара) необходимо учитывать асимметрию пространственно-временных степеней свобод молекул.

Таким образом, для адекватного описания специфики живого необходимо рассматривать контроль над процессами не только в пространстве, но и во времени. Контролируемый интервал времени или минимальный интервал Δt_k , разделяющий наблюдаемые события в живом организме, может быть получен из принципа неопределенности Гейзенберга в сочетании с термодинамическим пределом упорядоченности ($E \geq kT$).

$$\Delta E \cdot \Delta t = \hbar/2, \Delta kT \cdot \Delta t_k \geq \hbar/2, \Delta t_k \geq \hbar/(2kT) \quad (3)$$

при $T=300\text{K}$ $\Delta t_{\text{био}} = \Delta t_k = 1,27 \cdot 10^{-14}$ сек, $\omega_{\text{био}} = 2\pi/t = 4,94 \cdot 10^{14}$ Гц

При изменении температуры этот интервал Δt_k , фактически являющийся квантом события, также изменяется соответственно.

Таким образом, формула количества информации в живом организме изменяется на следующую:

$$\dot{I} \approx \frac{I}{\Delta t_k} = \frac{kT \ln w}{\Delta t_k} \quad (4)$$

В этом случае степень упорядоченности живого вещества определяется количеством информации в живом веществе, проходящей через него во время процесса контроля и управления, и временным интервалом, в течение которого рассматривается и контролируется протекающий биологический процесс. Оценка Блюменфельда дает значение информации в энергетическом эквиваленте только при $t \leq \Delta t_k$, тогда как за $t=1$ с

$$I_{\text{дин}} = \frac{t}{\Delta t_k} I_{\text{статическое, за } \Delta t_k} \approx 10^{14} I_{\text{стат}} \quad (5)$$

Соответственно, за год ($t=3 \cdot 10^7$ с) $I_{\text{дин}} \approx 10^{20} I_{\text{стат}}$, а за все время существования биосферы ($t=4,5 \cdot 10^{17}$ с) $I_{\text{дин}} \approx 10^{30} I_{\text{стат}}$. Соответственно, энергетический эквивалент протекающей информации составляет для организма или совокупности организмов за некоторый период времени $t=N \cdot \Delta t_k$ приблизительно

$$I \approx \frac{kT \ln w}{\Delta t_k} \cdot N \cdot \Delta t_k \approx N \cdot kT \ln w \quad (6)$$

Указанную оценку можно получить и другим путем.

Как известно, биологические процессы обладают высокой степенью упорядоченности. Контроль процессов осуществляется на уровне небольших групп атомов, образующих азотные основания РНК или фрагменты пептидов. Таким образом, пространственная точность контроля хода физико-химических процессов в живой клетке составляет порядка $\Delta l \leq 10^{-8-9}$ м, или контролируется объем $\Delta V_1 \leq 10^{-24-27}$ м³. Считая диаметр клетки порядка $\Delta l_{\text{кл}} \approx 10^{-5-6}$ м, объем клетки $V_{\text{кл}} \approx 10^{-15-18}$ м³, имеем в клетке $V_{\text{кл}}/V_1 \approx 10^{9-11}$ контролируемых кластеров объема, что совпадает с числом нуклеотидов или молекулярных остатков в типичной растительной или животной клетке с молекулярной массой $m_{\text{кл}} \approx 10^{14-15} = 10^{-12-13}$ кг.

Для контроля каждого аминокислотного остатка с молекулярной массой ~ 150 , число которых в клетке составляет $\sim 10^{10}$, необходимо фиксировать или контролировать эти молекулы в пределах ячейки с объемом $V' = V/10^{10} \approx 10^{-25}$ м³ через интервалы времени, сопоставимые с временным интервалом для тепловых колебаний при температуре $T \approx 300\text{K}$:

$$\Delta t_k \geq \frac{\hbar}{2kT} = 1,27 \cdot 10^{-14} \text{ с.} \quad (7)$$

Таким образом, для контроля всех 10^{10-11} аминокислотных остатков в клетке поток информации должен составлять

$$P(I) = \dot{I} = \frac{10^{10-11}}{\Delta t_k} \approx 10^{24-25} \text{ бит/с.} \quad (8)$$

За Δt_k это соответствует энергетическому эквиваленту

$$E_{\text{эkv}} = i \cdot \Delta t_k = \frac{kT \ln w}{\Delta t_k} \cdot \Delta t_k \approx 10^{-10} \text{ Дж} \cdot \frac{\Delta t_k}{\Delta t_k} = 10^{-10} \text{ Дж}. \quad (9)$$

$$\text{Для клетки за одну секунду } \dot{E}_{\text{эkv}} \approx 10^{-10} \text{ Дж} \cdot 10^{13+14} 1/\text{с} = 10^{3+4} \text{ Дж/с}. \quad (10)$$

Энергетические эквиваленты упорядоченности для различных биологических объектов приведены в табл. 1.

Таблица 1.

	клетка (10^{13+14} атомов)	человек (10^{13} клеток)	биосфера (10^{29+30} клеток)
за Δt_k	$\sim 10^{-10}$ Дж	$\sim 10^{6+7}$ Дж	$\sim 10^{21}$ Дж
за 1 с	$\sim 10^4$ Дж	$\sim 10^{19}$ Дж	$\sim 10^{34+35}$ Дж
за 1 год	$\sim 10^{11}$ Дж	$\sim 10^{26+27}$ Дж	$\sim 10^{42}$ Дж
за $4,48 \cdot 10^{17}$ с	$\sim 10^{21}$ Дж	$\sim 10^{37}$ Дж (для n поколений)	$\sim 10^{52+53}$ Дж

Отсюда следует, в частности, что энергетический эквивалент поддержания пространственно-временной упорядоченности живого вещества биосферы, выраженный через мощность, приблизительно на восемь порядков превышает энергию, излучаемую Солнцем, и на двадцать порядков превышает солнечную энергию, получаемую биосферой Земли ($\sim 10^{14}$ Дж/с):

$$P_{\text{био}} = \dot{E}_{\text{биосферы эквив.}} \approx 10^{34+35} \text{ Дж/с} \approx 10^8 P_0 \approx 10^8 \dot{E}_{\odot} = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ Дж/с} \approx 10^{20} \dot{E}_{\odot \text{ био}}. \quad (11)$$

Из табл. 1 следует также, что энергия, проходящая через одну живую клетку за время существования Вселенной, или близкое к этому время ($4 \cdot 10^9$ лет), равна энергии, проходящей через биосферу за время Δt_k . Это говорит об определенных структурных резонансах в строении материи и о необычности формы энергии, создающей и поддерживающей упорядоченность живого вещества.

Временной интервал контроля можно оценить и иначе:

$$\Delta t_k \approx \frac{l}{v} \approx \frac{10^{-9+10} \text{ м}}{1,5 \cdot 10^3 \text{ м/с}} \approx 10^{13+14} \text{ с} \quad (12)$$

где l — расстояние между отдельными молекулярными остатками, v — скорость звука в среде (в воде, в белке и др.).

Мы видим, что этот результат приблизительно совпадает с полученным ранее значением Δt_k .

Наш результат вполне соответствует оценке Б. Кадомцева [6] количества энергии, необходимой для контроля молекул газа в см^3 воздуха: в 1 см^3 воздуха находится приблизительно 10^{19} молекул и на одну молекулу приходится объем $V_0 \sim 10^{-19} \text{ см}^3$. При фиксации каждой из молекул в объеме, не меньшем V_0 , конфигурационная часть энтропии газа будет не менее $N \sim 10^{19}$. При фиксации этого состояния, оно будет обладать информацией $I \sim S \sim 10^{19}$. При контроле этой системы, с поправкой ее через промежутки времени $\tau \sim l/c_s \sim 10^{-11} \text{ с}$, где $l \sim 10^{-6}$ — среднее расстояние между молекулами, а $c_s = 300 \text{ м/с}$ — скорость звука, то есть для управления движением газа, необходимо иметь поток информации, превращаемый в энтропию, масштаба 10^{30} с^{-1} . Эта величина в 10^{10} раз больше, чем может обеспечить поток солнечной энергии на 1 см^2 ($4 \cdot 10^{19} \text{ бит/см}^2 \cdot \text{с}$). Отсюда Кадомцев сделал вывод, что если бы у кого-то возникло желание контролировать такой процесс, «он должен был бы обладать духовным потенциалом, способным поддерживать упорядоченное движение молекул за счет хаотизации потока информации масштаба приходящего от Солнца на один квадратный километр». Таким образом, Б. Кадомцев и другие считали невероятным существование источников упорядоченности для отдельных молекул в значительном количестве. Тем не менее, **такой источник упорядоченности и эквивалентной энергии можно указать: это энергия вакуума Вселенной, определяющая ее эволюцию и динамику.**

Общая энергия вакуума наблюдаемой Вселенной составляет (при $\Omega_{\text{vac}} \approx 0,7$)

$$E_{\text{vac}} = 0,7 \cdot M_U c^2 = 0,7 \cdot 5,7 \cdot 10^{53} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 = 3,59 \cdot 10^{70} \text{ Дж}. \quad (13)$$

Исходя из этой энергии, действующей за $t_0 = 1/H_0 = 4,48 \cdot 10^{17} \text{ с}$ [1], мы получаем поток энергии мощностью

$$P_U = \dot{E}_U = \frac{E_{\text{vac}}}{t_0} = 0,8 \cdot 10^{53} \text{ Дж/с}, \quad (14)$$

определяющей динамику материальных структур Вселенной². Из этого следует, что **живое вещество существует за счет хаотизации потока пока непосредственно ненаблюдаемой, но реально проявляющейся энергии вакуума**. И это нелокальный, глобальный процесс на уровне всей Вселенной, поскольку поля вакуума не являются локализуемыми, их действие нелокально и целостно.

Отсюда легко оценить количество биомассы Вселенной. Максимальное количество биосфер, эквивалентных земной, не может превышать

$$N_{\text{bio}} = P_U / P_{\text{bio}} \approx 10^{18 \div 19}. \quad (15)$$

При этом количество живых клеток во Вселенной:

$$N_{\text{cel}} \approx P_U / P_c \approx 10^{49}. \quad (16)$$

Учитывая, что живое вещество является одним из структурных уровней организации материи Вселенной наряду с плазменным веществом звезд, газовыми облаками, кристаллической структурой планет, темной материей (DM) и т. д., поток энергии вакуума, приходящийся на живое вещество, можно уменьшить в $b^{-1} \approx 10 \div 100$ раз. Исходя из массы земной биосферы $m_{\text{bio}} \approx 4,5 \cdot 10^{15}$ кг, мы получаем приблизительную оценку полной массы **аналогичных** биосфер всей Вселенной

$$\sum m_{\text{bio}} = N_{\text{bio}} \cdot m_{\text{bio}} \approx 10^{34 \div 35} \text{ кг} \approx 10^{-18 \div 19} M_U \approx 10^{-17 \div 18} \sum m_{\text{B,e}}, \text{ при } \Omega_{\text{B,e}} \approx 0,04 \quad (17)$$

Таким образом, на каждые 10^{18} барионов и электронов Вселенной приходится один барион и электрон живого вещества.

Для типичной галактики с массой $m^* \approx 10^{-10 \div 11} M_U^* \approx 10^{42 \div 43}$ кг количество биосфер составляет $N^* \approx 10^{7 \div 8}$, а их суммарная масса $m_{\text{bio}}^* \approx 10^{23 \div 24}$ кг. При этом количество живых клеток в галактике $N_{\text{celGal}} \approx 10^{37 \div 38}$.

На первый взгляд кажется невероятным, что энергетический эквивалент упорядоченности живого вещества столь велик. Однако **общая энергия, необходимая для обеспечения состояния вещества как живого, близка не только к значению энергии вакуума, но и к значению гравитационной энергии Вселенной⁴**.

$$\sum \dot{E}_{\text{bio}} \approx \dot{E}_{\text{vac}} \approx |\dot{E}_G|. \quad (18)$$

Из общей теории относительности известно, что существует прямая связь между метрикой и гравитацией. Этим и объясняется приблизительная эквивалентность энергии поддержания биологических структур и гравитационной энергии вещества Вселенной. При этом из уравнений Эйнштейна $G_{\mu\nu} = -\kappa T_{\mu\nu}$ следует, что энергия гравитационного поля отрицательна. Как было рассмотрено нами ранее [2], отрицательны и энергия и температура виртуальных полей так называемого вакуума Риндлера. Поэтому энтропия вещества $S_m = k \ln w$, а энтропия гравитационного поля $S_G = -k \ln w$. Отсюда мы можем высказать гипотезу, что энтропия этих полей, как и гравитационного поля, эквивалентна негэнтропии Л. Бриллюэна [9], то есть отрицательной энтропии, компенсирующей производство энтропии при структурном упорядочении живого вещества⁵.

Поэтому метрическая, то есть пространственно-временная, упорядоченность живого вещества может, по-видимому, существовать за счет хаотизации как квантов виртуальных вакуумных полей, так и квантов гравитационной энергии Вселенной, формирующих, как известно, метрику пространства-времени. Таким образом, именно энергия вакуума синергетически формирует как биологические, так и иные структуры Вселенной, обеспечивая их энергетическую и метрическую упорядоченность. Об этом говорилось в другой работе автора [2]. Ведь в конечном счете именно гравитация и вакуум, как считается в настоящее время [5], определяют динамику и эволюцию всей Вселенной⁶.

Тогда гигантский «духовный потенциал», отвергаемый Б. Кадомцевым [6], который был бы необходим для упорядочения движения молекул, соответствует скрытой структуре вакуума с отрица-

² Это, в частности, объясняет полученный нами результат (11), говорящий, что мощность потока энергии, необходимой для поддержания структуры биосфер, превышает на двадцать порядков энергию, получаемую биосферой от Солнца. Достаточно упомянуть, что для Земли уже гравитационный потенциал Вселенной на много порядков превышает солнечный: $\varphi_G = GM_U/R_U \approx 10^{12} \varphi_\odot$.

³ Отметим, что это значение очень близко к массе Земли ($6 \cdot 10^{24}$ кг) как планеты, несущей биосферу.

⁴ Оценка гравитационной энергии Вселенной была дана К. П. Станюковичем [3].

⁵ Рассмотрение этих вопросов будет проведено нами в отдельной работе.

⁶ Вклад в энергию вакуума могут давать не только гравитационное поле, но и целый ряд полей, предполагаемых в современных теориях поля.

тельной энергией и температурой. Именно он обеспечивает существование сознания и различных форм жизни [2].

В настоящей статье мы получили приближенные формулы для оценки количества информации и энергии в живом веществе, а также показали качественное и количественное отличие живого вещества от неживого. Более точные оценки и формулы будут даны в последующих работах.

Л и т е р а т у р а :

1. Букалов А. В. Точное значение постоянной Хаббла и режимы эволюции квантовой Вселенной. //Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2002. — № 1.
2. Букалов А. В. О возможности существования полевых форм жизни. //Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2001. — № 4.
3. Станюкович К. П. Гравитационное поле и элементарные частицы. — М.: «Наука». 1965. — 312 с.
4. Хайтун С. Д. Механика и необратимость. — М. «Янус». 1996. — 448 с.
5. Долгов А. Д., Зельдович Я. Б., Сажин М. В. Космология ранней Вселенной. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. — 199 с.
6. Кадомцев Б. В. Динамика и информация. — М.: Редакция журнала «Успехи физических наук», 1999. — 400 с.
7. Реймерс Н. Ф. Популярный биологический словарь. — М.: Наука, 1990. — 544 с.
8. Блюменфельд Л. А. Проблемы биологической физики. — М.: Наука, 1977. — 336с.
9. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. — М.: Госиздат физ-мат лит., 1990. — 392 с.

Статья поступила в редакцию 01.02.2001 г.

Boukalov A. V.

The quantity of information in alive organisms and energy of vacuum

It is shown that the known estimations of information quantity in the alive organisms do not take into account the dynamics properties of alive matter. The new formulae, obtained for estimation of quantity of information in the alive organisms, give the values, which are much more then previous ones. These results display the differences between the alive and the lifeless for the first time. It is shown, that the ordering of the alive organisms is determined by the value of total energy of vacuum in the Universe. It is given the estimate of quantity of the alive cells, the biospheres and total biomass, equal to the earthly ones in a typical galaxy and in the Universe as a whole.

Key words: biological ordering, information in alive organism, quantum of event, temporary quantum, biomass of the Universe, biomass of the Galaxy, cell, biosphere of the Earth, quantity of the biospheres in the Universe, thermodynamics, theory of information, vacuum energy, gravity, entropy, life in the Universe.