

ГИПОТЕЗА ОБ ЭНТРОПИЙНОМ ИНВАРИАНТЕ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ

© 2021 г. В.Т. Волон

Самарский государственный университет путей сообщения, 443110, Самара, ул. Свободы, 2в

E-mail: vtvolov@mail.ru

Поступила в редакцию 20.12.2019 г.

После доработки 18.01.2021 г.

Принята к публикации 22.01.2021 г.

Представлены обзор исследований, посвященных проблеме собственного (физиологического) времени биологических организмов и интегральных характеристик их жизнедеятельности, и результаты оригинальных исследований автора. Сформулирована гипотеза об инвариантности вновь введенной интегральной характеристики жизни организма — функционала действия энтропии. Согласно данной гипотезе, значение функционала действия энтропии является одинаковым для всех организмов конкретного вида. Базируясь на предложенной гипотезе, выявлена связь между собственным и хронологическим временами жизни организма. Полученная формула этой связи включает фундаментальную функцию теории структуры И. Пригожина — второй дифференциал энтропии. Показано, что собственное время жизни организма имеет фрактальную структуру. Предложена формула математической меры — детерминированной энтропии метаболизма организма, позволившая осуществить проверку выдвинутой гипотезы для некоторых видов организмов. Обсуждаются возможные перспективы тестирования предложенной гипотезы для организмов.

Ключевые слова: константа Рубнера, энтропийный инвариант, собственное (физиологическое) время организма, функционал действия энтропии, второй дифференциал энтропии.

DOI: 10.31857/S0006302921020236

В фундаментальных работах И. Пригожина [1, 2, 3] разработана теория структуры или неравновесной термодинамики, ставшая основой прорывного направления в науке конца XX—начала XXI века — синергетики. Преимуществом термодинамического подхода И. Пригожина является отсутствие необходимости эмпирического определения параметров порядка системы [4], поскольку в данном подходе используется универсальный аппарат термодинамики (II начало термодинамики, теорема о минимуме производства энтропии, понятие «локального равновесия»).

Главной причиной, побудившей И. Пригожина заняться разработкой «теории структуры», было, с его точки зрения, противоречие, заключавшееся в отсутствии в термодинамике такой важнейшей величины, как время, с одной стороны, и противоречие со II началом термодинамики факта существования организмов — с другой стороны. Однако, как известно, время жизни организмов варьируется в достаточно широком диапазоне, т.е. продолжительность жизни организма конкретного вида может существенно отличаться от максимального значения в популяции. Данное обстоятельство побудило автора статьи преодолеть данное противоречие.

Необходимо отметить, что проблема собственного (индивидуального) времени развития организмов имеет довольно длинную историю в биологической науке, начиная с классических работ М. Рубнера [5] и его последователей [6–10], а также работ, представленных в исследованиях конца XX — начала XXI веков [11–18], где, в частности, предпринимались попытки термодинамического решения данной проблемы. Осознание того, что живой организм существует в собственном времени, скорость течения которого зависит от различных процессов, происходящих в организме, пришло достаточно давно. Одна из первых попыток формализации понятия собственного времени организма была предпринята Г. Бакманом [7]. В качестве определяющего процесса Бакман выделил процесс роста организма. Собственное время организма по Бакману могло принимать как положительные, так и отрицательные значения, а в момент достижения половой зрелости становилось равным нулю. Функция роста массы организма также была принята за основу при определении собственного времени в работах [18, 19].

В работах [14–21] дано определение единицы собственного времени организма, которая опре-

деляется как время удвоения массы и растет с увеличением общей массы организма.

Необходимо подчеркнуть, что собственное время, определенное в работе [18] как $\tau(t) = w(t)/W'(t)$, имеет место только для организмов не имеющих границ роста.

В исследовании [20] в качестве меры собственного времени был принят период эмбрионального развития — интервал времени между появлением одноименных фаз митоза двух последовательных делений дробления. Определение собственного (физиологического) времени, основанное на процессе метаболизма, предложил Дж. Райс [21]. Он в качестве основы собственного (физиологического) времени взял введенное М. Боддингтоном [22] понятие «показатель абсолютного метаболизма» (absolute metabolic scope) — константу, равную произведению максимальной длительности жизни (пропорциональной $W^{1/4}$) и скорости базального метаболизма, деленному на единицу массы ($W^{-1/4}$, где W — масса взрослого организма (достигшего границы роста)). Данная константа представляет собой минимальное количество энергии, потребленное единицей массы организма за время жизни, и не зависит от значения W . Данная константа имеет размерность $EM^{-1}T^{-1}$. Пренебрежение временем развития организма от момента зарождения до момента достижения массы W приводит к тому, что показатель абсолютного метаболизма оказывается равным константе Рубнера и может служить, согласно работе [21], инвариантом максимального возраста.

Недостатком введенного Боддингтоном «показателя абсолютного метаболизма» было то, что показатель не учитывал изменения массы и скорости удельного метаболизма организма в онтогенезе, в частности, в раннем возрасте скорость метаболизма выше, чем в остальное время жизни. Учитывая данный факт, Райс ввел понятие «удельный метаболизм за время жизни» и определил его следующим образом:

$$\text{Specific lifetime metabolism} = \int_{t_0}^{t_{\max}} q(t) dt, \quad (1)$$

где $q(t) = Q(t)/w(t)$ — удельная скорость потребления энергии (кислорода), $Q(t)$ — потребление энергии организмом в единицу физического времени, $w(t)$ — значение массы организма в текущий момент времени, $t_{\max}$ и t_0 — продолжительность жизни и начальное время организма соответственно.

Вводя гипотезу о пропорциональности скорости физиологического времени и удельного метаболизма, Боддингтон дал его определение [21]:

$$\text{Physiological time} = \int_{t_\alpha}^{t_\beta} q(t) dt, \quad (2)$$

где t_α и t_β — соответственно начало и конец рассматриваемого периода. Физиологическому времени (2) придается размерность EM^{-1} (выражается в ккал/г сухой массы, понимаемой как соответствующее количество единиц физиологического времени).

Базируясь на предложенной Рубнером гипотезе о приблизительно равном количестве энергии, используемом единицей массы взрослого животного за период жизни от момента прекращения роста до смерти для некоторых видов млекопитающих, Э. Бауэр [6] распространил это равенство потребления энергии на единицу массы животного на весь период жизни и на животных других уровней организации. Данную количественную меру Бауэр [6] назвал константой Рубнера, которая определялась как произведение основного обмена за сутки на продолжительность жизни в сутках, деленное на массу организма. Тем не менее позже Бауэр подтвердил неправомерность расширения предложенного понятия и предположил, что константа Рубнера является критерием принадлежности животного к определенному уровню эволюционного развития и определяется приблизительно одинаковой свободной энергией зародышевых клеток внутри него. С ростом сложности организации животных в процессе эволюции данная константа увеличивается.

Анализ научной литературы по данному вопросу приводит к выводу, что в большинстве случаев этому понятию придается не тот смысл, что оно имело первоначально. В биологической литературе конца XX — начале XXI века часто константой Рубнера называют суммарный удельный метаболизм за весь период жизни животного [11–19]. Например, в исследованиях [18, 19], базируясь на вышеотмеченных работах [6, 21], константой Рубнера называют следующую величину:

$$t_{\max} \bar{q}(t) = \int_0^{t_{\max}} q(t) dt, \quad (3)$$

где $\bar{q}$ — усредненный удельный метаболизм за весь период жизни $[0, t_{\max}]$. Принимается, что величина (3) может служить характеристикой вида, т.е. имеет определенное значение для каждого вида. Отсюда следует, что имеет место существенное отличие от определения, данного Рубнером: а) константой Рубнера называют не суммарное количество энергии, использованное единицей активной массы организма за всю жизнь от момента прекращения роста до смерти, а суммарный метаболизм единицы массы организма за всю жизнь ($E_{\max}$); б) считается доказанным по-

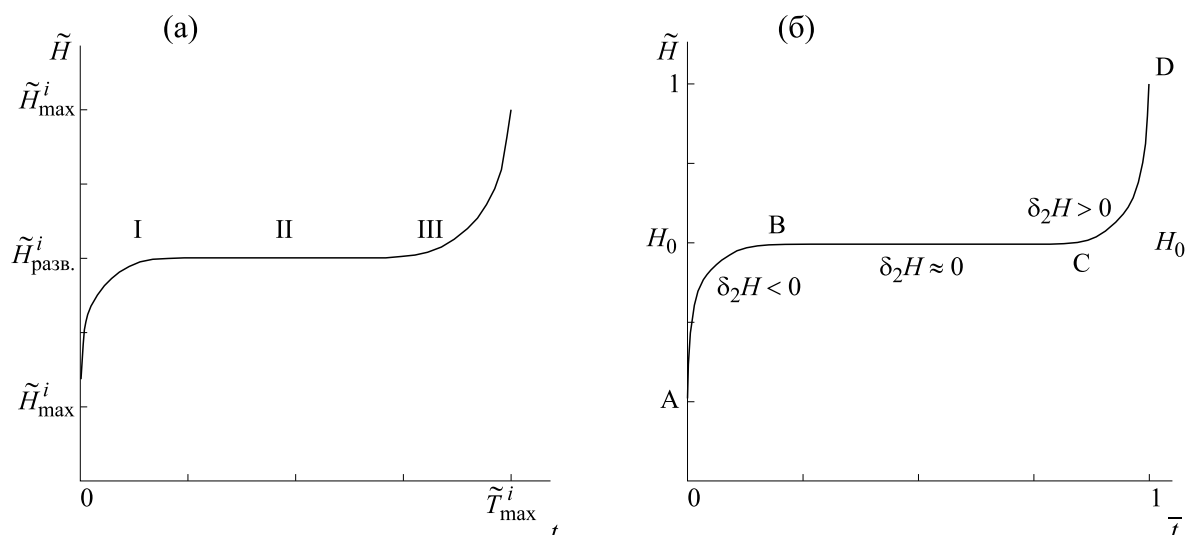


Рис. 1. Иллюстрация эталонного тренда энтропии в течении жизни организма: (а) — $\tilde{H}_{\max}^i$, $\tilde{H}_{\min}^i$, $\tilde{H}_{\text{разв.}}^i$ — максимальное и минимальное значения энтропии, а также значение энтропии развитого организма i -го вида соответственно, $T_{\text{факт}}^i$ — фактическое время жизни i -го вида организма; (б) — H_0 — энтропия «золотого сечения», $\bar{t}$ — нормированное время организма.

стоянство величины $E_{\max}$ для вида. Между тем

Рубнер показал, что величину $\int_{t_A}^{t_{\max}} q(t)dt$ можно считать постоянной только при достаточно большом разбросе конкретных значений.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что, как отмечено в работе [18], постулирование постоянства «константы Рубнера» для конкретного вида организмов, в том числе пойкилотермных животных, например для моллюсков и рыб, не имеющих границы роста [17], представляется необоснованным.

В представленной статье вводится новая интегральная характеристики жизни организма — так называемый функционал действия энтропии и выдвигается гипотеза его инвариантности для организмов конкретного вида. На основе данной гипотезы определяется собственное (физиологическое) время жизни организма и устанавливается связь между собственным и хронологическим временем. Базируясь на предложенной гипотезе и фундаментальном аппарате неравновесной термодинамики [1–4], а также инструментарии фрактально-кластерной теории [23–25], закладываются основы термодинамической теории эволюции организма. Следует отметить, что аппарат линейной термодинамики неравновесных процессов И. Пригожина предназначен для исследования самоорганизующихся систем, находящихся вблизи положения равновесия [1–3], в то время как для исследования самоорганизую-

щихся систем вдали от равновесия необходима информация из дополнительных эмпирических данных по квадратичной форме — производству избыточной энтропии. Данное противоречие преодолевается в цитируемой выше литературе с помощью фрактально-кластерной теории [23–25], разработанной для самоорганизующихся систем класса «организм». В статье используются эквивалентные понятия «собственное» и «физиологическое» время развития организма.

ФУНКЦИОНАЛ ДЕЙСТВИЯ ЭНТРОПИИ И ЕГО ИНВАРИАНТНОСТЬ

Смысл определяемого нами функционала действия энтропии заключается в следующем. Допустим, что имеется тренд энтропии развития организма, представленной на рис. 1. В контексте настоящего исследования, энтропия представляет собой математическую меру, отвечающую правилам построения теории математической энтропии [8]. Представленная математическая мера определяет интегральную характеристику состояния всего организма. Этой измеряемой характеристикой может быть, например, метаболизм, рост организма (для организмов, не имеющих границ роста), водно-белковый, кислотно-щелочной баланс, липидный обмен, иммунный статус, гормональный фон и т.д., а также нормированная мера всех вышеперечисленных характеристик организма. Из данной иллюстрации следует, что имеется три периода: первый — устойчивый

рост ($\delta^2 \tilde{H} > 0$); второй — гомеостаз ($\delta^2 \tilde{H} \approx 0$) и третий — неустойчивое развитие (старение) «организма» ($\delta^2 \tilde{H} < 0$). Эталонный тренд эволюции энтропии (рис. 1) согласуется, во-первых, со вторым началом термодинамики для необратимых неравновесных процессов ($d\tilde{H} / dt \geq 0$), во-вторых, с фундаментальной теоремой неравновесной термодинамики о минимуме производства энтропии [1–3] и, в-третьих, с опытом жизнедеятельности самоорганизующихся систем различной природы — биологическим, социально-экономическим и др. [23–25]. Производство энтропии ($P = dH/dt$), согласно эталонному тренду, на этапе развития (I) уменьшается до нуля (II этап), а затем начинает экспоненциально возрастать (III этап). Согласно положениям неравновесной термодинамики, I этап соответствует уменьшению диссипативных процессов в системе, второй этап — балансу регенеративных и диссипативных процессов, а III этап — интенсивному увеличению диссипаций в системе, которые в конечном результате приводят к ее полному разрушению.

Например, для человека энтропийный тренд (рис. 1) можно интерпретировать следующим образом: первый этап связан с энергией роста ребенка, второй — энергетический баланс между регенеративными и диссипативными процессами организма, а третий — например, с энергией роста патологических образований, приводящих в конечном счете к его смерти.

Согласно общему определению энтропии [26, 27], энтропия «организма» есть функция $\tilde{H}$ его состояния, которая удовлетворяет следующим свойствам:

1) Аддитивность $\tilde{H} \geq \sum_{l=1}^N \tilde{H}_l$, т.е. энтропия системы не может быть меньше суммы энтропий подсистем, из которых она состоит (здесь знак « $\geq$ » относится к случаю взаимозависимости подсистем).

2) Приращение энтропии $d\tilde{H}$ есть сумма ее приращения за счет взаимодействия с внешними системами $d\tilde{H}^{\text{ext}}$ и ее приращения за счет внутренних изменений в системе $d\tilde{H}^{\text{inner}}$:

$$d\tilde{H} = d\tilde{H}^{\text{inner}} + d\tilde{H}^{\text{ext}}$$

3) Внутреннее приращение энтропии всегда неотрицательно, т.е. $d\tilde{H}^{\text{inner}} \geq 0$.

4) Ограниченность $\exists \tilde{H}_{\text{max}} > 0 : \tilde{H} \leq \tilde{H}_{\text{max}}$.

5) Неотрицательность $\tilde{H} \geq 0$.

В дальнейшем мы будем обозначать через $\tilde{H}_i$ энтропию, относящуюся к определенному i -му виду организмов. Величину $\tilde{H}_i$, удовлетворяющую свойствам 1–5, удобно нормировать:

$$H_i = \frac{\tilde{H}_i}{\tilde{H}_i^{\text{max}}},$$

где $\tilde{H}_i^{\text{max}}$ — максимальное значение энтропии организма данного типа, и считать, что $0 \leq H_i \leq 1$.

Введем новую физическую величину — функционал действия энтропии — для самоорганизующейся системы, определяемую следующим образом:

$$F_{H_i}^{\text{action}} = \int_{t_1}^{t_2} \tilde{H}_i dt, \quad (4)$$

где t_1 и t_2 — начальное и конечное время ее развития; $\tilde{H}_i$ — размерное текущее значение энтропии определенного организма.

Предлагаемая гипотеза об энтропийном инварианте для организмов заключается в постулировании инвариантности функционала действия энтропии F_H^{action} :

$$\int_0^{T_i^{\text{fact}}} \tilde{H}_i(t) dt = \int_0^{T_i^{\text{max}}} \tilde{H}_i^{\text{ideal}}(t) dt = \text{const} \equiv \gamma_i, \quad (5)$$

где $\tilde{H}_i(t)$ — тренд энтропии конкретного организма из выбранного i -го вида как функции времени t , T_i^{fact} — фактическое время жизни организма, $\tilde{H}_i^{\text{ideal}}(t)$ — идеальный (эталонный) тренд энтропии, T_i^{max} — идеальное (максимальное) фактическое время жизни организма. Соотношение (5) представляет константу для конкретного i -го вида организма.

Согласно свойству 2) энтропии имеем

$$dH_i = dH_i^{\text{inner}} + dH_i^{\text{ext}}. \quad (6)$$

Здесь внутреннее изменение энтропии dH_i^{inner} обусловлено естественным старением системы, а ее внешнее изменение dH_i^{ext} связано с взаимодействием с внешней средой (другими системами); dH_i^{ext} может иметь как положительное, так и отрицательное значение. Ниже мы будем исследовать только случай слабой зависимости $H_i^{\text{inner}} = fH_i^{\text{ext}}$. Идеальный или эталонный тренд энтропии (рис. 1) реализуется при $dH_i^{\text{ext}} \rightarrow \min$.

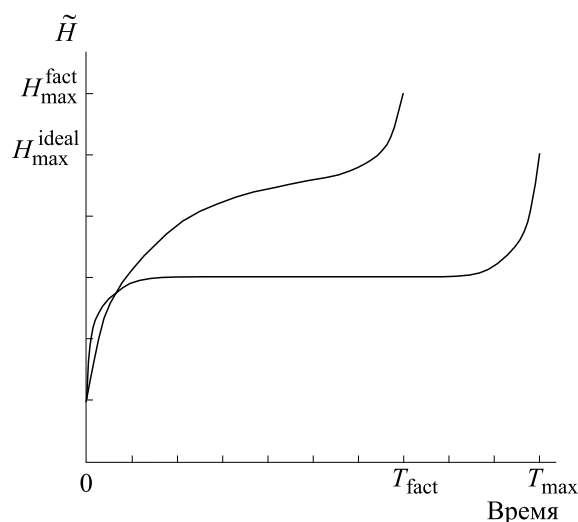


Рис. 2. Иллюстрация гипотезы о постоянстве функционала действия энтропии для организма. $H_{\max}^{\text{ideal}}$, $H_{\max}^{\text{fact}}$ — максимальное значение идеального и фактического трендов соответственно; $T_{\max}$, T_{fact} — максимальное и фактическое время жизни организма конкретного вида соответственно.

Введя безразмерные обозначения $\bar{t} = \frac{t}{T_i^{\max}}$ и

$\beta_i = \frac{\tilde{H}_i^{\text{ideal}}}{\tilde{H}_{\max}^{\text{ideal}}}$, уравнение (5) можно переписать в виде:

$$\tilde{H}_i^{\max} \int_0^{\xi_i} H_i d\bar{t} = \tilde{H}_{\max}^{\text{ideal}} \int_0^1 H_i^{\text{ideal}} d\bar{t}, \quad (7)$$

где $\xi_i = \frac{T_i^{\text{fact}}}{T_i^{\max}}$. В дальнейшем при рассмотрении конкретного организма мы будем опускать индекс i .

При расчете интеграла (7) по эталонному тренду энтропии (рис. 1б) был использован принцип симметрии и принцип «золотого сечения» [27]. Проблеме взаимосвязи «золотого сечения» и строения и функционирования организмов, начиная с Древней Греции и в эпоху Возрождения, посвящено значительное количество публикаций и исследований. Люди находили «золотое сечение» в различных пропорциях живых организмов [24, 27, 28]. Эта пропорция проявилась не только в пропорциях организма, но и в функциональных характеристиках организмов (нормативы артериального давления (80/120 мм рт. ст.), соотношение осевой и вращательной составляющих кровотока в сосудах и так далее). Существует мнение, отраженное в различных научных публикациях, что наличие «золотого сечения» во множестве наблюдаемых в природе фактов отнюдь не случайно, а закономерно. Как известно, существуют несколько видов баланса: дихотомия, т. е. деление

отрезка пополам (0.5/0.5), и «золотое сечение» (0.38/0.62). Таким образом, у живых существ проблема «золотого сечения» четко коррелирует с обобщенной проблемой устойчивости (гомеостаза) организмов. Не случайно в этой связи была разработана математическая теория «золотого сечения» [27].

В соответствии с теоремой о среднем для монотонных функций, принципом симметрии ($\Delta ABH_0 \approx \Delta CH_0D$) и принципом «золотого сечения» [28] интеграл (7) будет равен:

$$\int_0^1 H^{\text{ideal}} d\bar{t} \equiv H_0 \approx 0.618. \quad (8)$$

2. СВЯЗЬ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ОРГАНИЗМА С ХРОНОЛОГИЧЕСКИМ ВРЕМЕНЕМ

Для организма, находящегося в реальных условиях, фактическое время жизни T будет отличаться от максимального времени жизни организма $T_{\max}$, соответствующего идеальному (эталонному) тренду (рис. 2). Если перенести данное утверждение на человека, то можно представить следующую ситуацию: в горах Азербайджана, где, как известно, живут долгожители, родились близнецы. Один из них остался жить в горах, в экологически чистом месте, дышал ионизированным горным воздухом, питался натуральными продуктами, выращенными в горах, не имел вредных привычек и так далее и, как результат, дожил до своих 120 лет. Другой близнец спустился с гор в город, где экологическая обстановка была далека от международных стандартов, питался продук-

тами с разнообразными добавками, имел весь спектр вредных привычек и постоянные стрессы и, как результат, дожил до 69 лет. Налицо реализация, так называемого, принципа «шагреновой кожи». В данном случае «аналогом» «шагреновой кожи» является интегративная мера состояния здоровья — это энтропийный инвариант F_H^{action} — энтропия действия. Увеличение энтропии, адаптированной организмом, приводит к сокращению длительности жизни.

Однако в силу свойства ограниченности условной энтропии (4) выполнение гипотезы об энтропийном инварианте на всем протяжении жизни организма может реализовываться только на определенном интервале шкалы хронологического времени:

$$H_0 \cdot T_{\max} < T_{\text{fact}} < T_{\max}.$$

При временах жизни организма T_{fact} , меньших значения $H_0 \cdot T_{\max}$, для выполнения гипотезы энтропийного инварианта необходимо ввести новую шкалу времени (индивидуальное время организма) описываемую переменной θ , которая будет отличаться от шкалы хронологического времени (переменная t). Индивидуальное время всей жизни организма будем обозначать как Θ . Оно определяется требованием выполнения следующей гипотезы:

$$\int_0^{\Theta} \tilde{H}(\tau) d\tau = \int_0^{T_{\max}} \tilde{H}^{\text{ideal}}(t) dt. \quad (9)$$

Из условия ограниченности энтропии (4) и выполнения энтропийного инварианта следует, что индивидуальное время организма имеет фрактальную структуру. Под термином «фрактальная» структура понимается дробная степенная зависимость между физическими величинами в исследуемом процессе или явлении. Из соотношения (10) при предположении равенства максимальной продолжительности жизни организма в собственном (Θ) и хронологическом (физическом) времени $T_{\max}$ следует $T_{\text{fact}}^D = \Theta$, где $D \geq 1$. Величина D может быть интерпретирована как формальный аналог фрактальной размерности собственного времени жизни организма и определена из уравнения

$$\int_0^{T_{\text{fact}}^D} H(\tau) d\tau = \beta \int_0^{T_{\max}} H^{\text{ideal}}(t) dt = \beta H_0 T_{\max}, \quad (10)$$

$$\text{где } \beta = \frac{\tilde{H}_{\max}^{\text{ideal}}}{\tilde{H}_{\max}}.$$

Возникает вопрос: как связано текущее индивидуальное время в жизни организма и хронологическое время? Гипотеза об инвариантности эн-

тропийного функционала (действия энтропии) была сформулирована для всего времени жизни организма. Требование инвариантности действия энтропии для любого временного интервала приводит к появлению новой временной шкалы — шкалы индивидуального (или собственного) времени θ . А именно, мы потребуем, чтобы для любого временного отрезка $[t_1, t_2]$ существовал такой отрезок $[\theta_1, \theta_2]$ на оси индивидуального времени, что

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} H(\theta') d\theta' = \beta \int_{t_1}^{t_2} H_0 dt.$$

Это означает, что имеется следующее биективное отображение между переменными хронологического t и индивидуального времени θ , которое выражается следующей формулой:

$$\int_0^{\theta} H(\theta') d\theta' = \beta H_0 \Delta t \quad (11)$$

и которое в дифференциальной форме принимает вид:

$$d\theta \frac{H(\theta)}{\beta H_0} = dt. \quad (12)$$

Разобьем временной отрезок $[0, \Delta t]$ на конечные временные шаги величиной Δt_j , где j — номер шага. Такому разбиению будет соответствовать разбиение интервала $[0, \theta]$ на отрезки величиной $\Delta \theta_j$. Используя теорему о среднем и разлагая с точностью до членов второго порядка в ряд Тейлора значение энтропии $H(\theta')$ на отрезке $[0, \theta]$ относительно ее равновесного значения H_j на j -м временном отрезке после интегрирования в уравнении (11), получаем:

$$\Delta \theta_j = W_j \Delta t_j, \quad (13)$$

где $W_j(H) \equiv \frac{\beta H_0 / H_j}{1 + \frac{\delta H_j}{H_j} + \frac{\delta^2 H_j}{H_j}}$, H_j — равновесное зна-

чение энтропии на j -м отрезке, δH_j и $\delta^2 H_j$ — члены, пропорциональные значениям первого и второго дифференциала тренда энтропии. Динамика изменения численного значения второго дифференциала тренда энтропии определяет устойчивость функционирования организма и в соответствии с предложенной гипотезой энтропийного инварианта показывает отличие его собственного (физиологического) времени от хронологического.

Соотношение (13) позволяет определить замедление или ускорение индивидуального времени организма по сравнению с хронологическим временем как функцию энтропийного фактора.

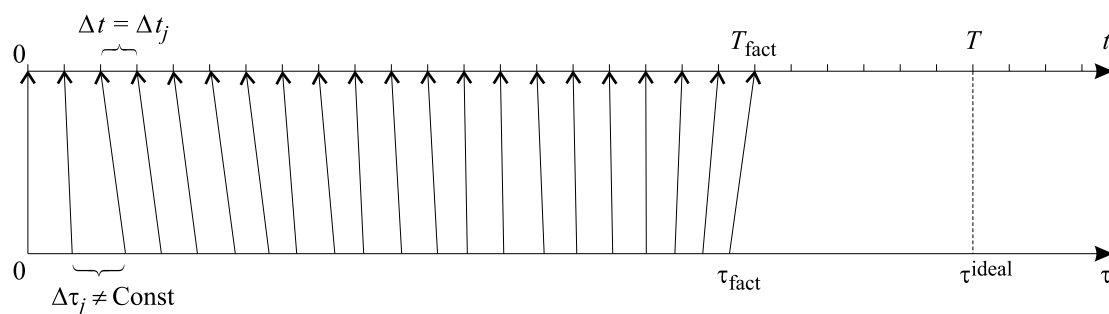


Рис. 3. Иллюстрация связи индивидуального времени с хронологическим временем: T и T_{fact} — максимальная и фактическая продолжительность жизни организма, τ_{fact} и τ^{ideal} — фактическое и максимальное (идеальное) значение собственного времени организма.

Как следует из формулы (13), текущее значение индивидуального времени организма зависит от фундаментальной величины теории И. Пригожина — второго дифференциала энтропии $\delta^2 H$, а также от первого дифференциала энтропии δH . В случае отрицательного значения $\delta^2 H$ и при условии, что $|\delta^2 H| > |\delta H|$, собственное время организма $\Delta\theta_i$ больше хронологического Δt_i , в противном случае собственное время меньше хронологического. На рис. 3 представлена геометрическая иллюстрация соотношения (13). Изоморфное соответствие между индивидуальным и хронологическим временами определяется кривизной тренда энтропии, которая определяется из опыта или расчета, например, используя аналитический аппарат фрактально-кластерной теории [19].

Уравнение (13), формализующее гипотезу инвариантности функционала действия энтропии для полной продолжительности организма (глобальная инвариантность), можно переписать с учетом выше приведенных допущений для отрезка времени (локальная инвариантность) следующим образом:

$$\Delta t_j^{D_j} = \Delta\theta_j, \quad (14)$$

где величина D_j может быть интерпретирована как аналог фрактальной размерности шкалы собственного времени организма. Эта величина может быть определена как формальное решение уравнения

$$\Delta t_j^{D_j} = W_j \cdot \Delta t_j, \quad (15)$$

т.е.

$$D_j = 1 + \frac{\log W_j}{\log \Delta t_j}. \quad (16)$$

Из соотношения (16) следует, что размерность D_j текущего индивидуального времени на j -м отрезке, в отличие от усредненной размерности индивидуального времени жизни организма D , мо-

жет принимать значение как больше, так и меньше единицы.

НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНОЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО- ВРЕМЯ ОРГАНИЗМА

Изучению свойств непрерывно-дискретного пространства-времени посвящено значительное число исследований философов, начиная с античных времен [28, 29] и до современного изучения данной проблемы [30]. В работе В.И. Вернадского [31] время рассматривается как единство длительности (дления) и бренности (разрушения и длительности). Существенное число исследований в психофизиологии посвящено проблеме индивидуального времени [32–37]. Психика человека, дублирующая работу центральной нервной системы для более совершенной адаптации организма и личности в окружающей действительности (изначально только к биологической и материальной, а затем и к социальной), является наиболее сложной, а поэтому и наиболее информативной системой на предмет исследования собственного времени. Проблема психофизиологического параллелизма была поднята Р. Декартом еще в XVIII веке. С тех пор многочисленные и разноплановые работы по выявлению механизмов и характера взаимосвязи психического и физиологического открыли путь к созданию психофизиологии, нейропсихологии ряда и наук о мозге. Протекание психических функций, как и их развитие, неизбежно привело к вопросу индивидуального времени. В тех редких трудах, в которых этот вопрос был поставлен открыто, были получены мировые открытия в области психологии. Так, например, на основе идей Л.С. Выготского были открыты законы гетерохронии в развитии центральной нервной системы, а также общие законы психического развития в норме и при дизонтогенезе, легшие в основу дефектологии, специальной психологии, коррекционной педагогики и др. [32]. Кроме того, сама постанов-

ка проблемы темпа и времени развития высших психических функций как «психологических систем», их несовпадения во времени, предопределило появление науки нейропсихологии, открывшей законы функционирования головного мозга при формировании и реализации высших психических функций, и понимание основ происхождения психики как системы (культурно-историческая теория). Однако прецедент в постановке вопроса о собственном (индивидуальном) психическом времени был совершен еще З. Фрейдом [33], вне связи с физиологией. Идея влечения к смерти в психодинамике больного неврозом и здорового индивида получила адекватное развитие в теории Г.М. Назлояна [34], введшего понятие «психической смерти» и «психической паузы», ставшей основой уникальной психотехнологии в лечении шизофрении [34]. Восприятие и переживание времени как когнитивный феномен был исследован в работах Б.И. Цуканова, выявившего инвариант временного самоощущения, который оказался врожденной константой биологических часов индивида [35]. В обыденной жизни феномен ускорения и замедления индивидуального времени известен по данным интроспекции (самоотчет на основе субъективных данных). Так, по ощущению в детстве (этап I на рис. 1) собственное время течет медленнее, а в зрелом возрасте, с годами, все быстрее и быстрее (этап III на рис. 1).

Наиболее близкой работой в этом ряду к настоящему исследованию является монография В.И. Жаркова [30]. Сформулированные в вышеприведенных работах свойства дискретности пространства и индивидуального времени и континуальности единого пространства-времени соответствуют предложенному энтропийному инварианту. Дискретность энтропии сложной системы (организма) может быть объяснена особенностью термодинамического метода описания явлений: любой неравновесный процесс заменяется совокупностью равновесных процессов. В контексте настоящей работы непрерывность пространства-времени сложной системы проявляется в инвариантности функционала действия энтропии (4).

Следует отметить, что минимальный масштаб времени, на котором можно исследовать самоорганизующуюся систему, будет различен для различных видов организмов, но для любой эволюции системы каждый ее временный этап будет кратен ее минимальному временному масштабу $\Delta t_{\min}$, т.е.

$$\Delta t_i = M_i \Delta t_{\min}, \quad (17)$$

где M_i — натуральное число, зависящее от номера этапа i .

Примем, что минимальный масштаб времени в шкале хронологического и индивидуального времени один и тот же:

$$\Delta t_{\min} = \Delta \theta_{\min}.$$

Тогда

$$\Delta \theta_j = N_j \Delta \theta_{\min},$$

где N_j — натуральное число, и мы имеем:

$$N_j = W_j \cdot M_j. \quad (18)$$

Из анализа различных процессов в организмах следует, что имеет место иерархия их длительности. Так, например, у человека время импульсов в нейронах мозга соответствует $\Delta t = 10^{-5}$ с, α -циклы мозга имеют длительность $\Delta t = 0.1$ с, частота сердечных сокращений составляет примерно 1 Гц, т.е. один удар в секунду. Однако в контексте настоящего исследования важен минимальный промежуток времени, в течение которого происходит значимые измеряемые изменения состояния организма. Возможно, инвариант временного самоощущения, выявленного Б.И. Цукановым [39], который оказался врожденной константой биологических часов индивида, может быть связан с минимальным масштабом времени $\Delta t_{\min}$. Однако данное предположение требует отдельного изучения.

Очевидно, что в контексте предлагаемой гипотезы энтропийного инварианта целесообразно ввести понятие условного «кванта» действия энтропии или «кванта» старения организма, представляющего собой порцию энтропии, получаемой (генерируемой) организмом за минимально возможный промежуток времени своего развития $\Delta t_{\min}$:

$$\varepsilon_i = \Delta t_{\min} \cdot H_i. \quad (19)$$

Примем, что при выборе масштаба деления шкалы времени внутри отрезка длительности Δt_i кривизна тренда энтропии будет иметь постоянное значение ($\delta^2 H = \text{const}$). Уравнение (15) с учетом «квантования» действия энтропии примет следующий вид:

$$D_j = 1 + \frac{\log W_j(H)}{\log (M_j \cdot \Delta t_{\min})}. \quad (20)$$

В уравнении (20) осуществлена перенормировка времени на максимальное время жизни организма и оно дает связь между размерностью текущего индивидуального времени, энтропией и минимальным масштабом времени.

Таблица 1. Показатели суммарного за потенциальное время жизни удельного метаболизма щуки из разных водоемов, а также параметры аппроксимации роста на основе уравнения Берталанфи

Водоем	W_{inf} , г.	k	T_{fact} , годы	W , г	E_{max} , ккал/г	$F_i(H_i)$	Источник
Оз. Баунт	3212	0.621	9	1946	91	0.619	Бобков и др., 1987 [40]
Оз. Чернявское	4917	0.570	10	3040	93	0.627	Руденко, 2000 [43]
Оз. Кудо	8801	0.394	14	5261	114	0.622	Руденко, 2000 [43]
Оз. Жемчужное	7525	0.368	15	4496	123	0.618	
Оз. Сомнино	17411	0.257	19	10633	132	0.6077	
Оз. Ужо	13259	0.267	21	8048	150	0.621	
Оз. Кокотель	22823	0.240	24	13870	157	0.631	Бобков, Соколов, 1988 [41]
Оз. Кривое	52519	0.175	32	31890	176	0.632	Руденко, 2000 [43]
Оз. Красненькое	54064	0.121	47	33232	248	0.624	
Щука (Красненькое)	5762	0.29	19	3465		0.607	
Среднее)					142.7 ± 45.9	0.622 ± 0.01	

ОБСУЖДЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗЫ ЭНТРОПИЙНОГО ИНВАРИАНТА ОРГАНИЗМА

Проверка выдвинутой гипотезы о глобальной и локальной инвариантности энтропийного функционала $F(H)$ -действия энтропии может, в частности, апробирована на опытных данных по метаболизму организмов [36–40]. Как известно, рост беспозвоночных и рыб продолжается в течение

всей жизни. В связи с данным фактом функция роста может быть аппроксимирована уравнением Берталанфи [18]. В табл. 1 и 2 представлен суммарный за потенциальное время жизни удельный метаболизм (E_{max}) щуки и окуня из разных водоемов, а также параметры аппроксимации роста рыб на основе уравнения Берталанфи ($k, W_{\text{inf}}, T_{\text{fact}}, E_{\text{max}}$):

$$W(t) = [(W_{\text{inf}})^{1/3} - ((W_{\text{inf}})^{1/3} - (w_0)^{1/3})\exp(-kt/3)]^3, \quad (21)$$

где W_{inf} – асимптота уравнения (21), k – параметр уравнения, w_0 – значение активной массы организма в момент времени $t = 0$. Скорость потребления кислорода единицей массы рыбы определяется по следующей аллометрической формуле [18]:

$$q(t) = 0.31(w(t))^{-0.19}. \quad (22)$$

Предлагаемая математическая мера – детерминированная энтропия метаболизма – будет иметь следующий вид:

$$H_i(q_i(t)) = [-\alpha_i \log(q_i(t)/q_{i\text{max}})]^{\mu_i}, \quad (23)$$

где $\alpha_i = -1/(\log(q_{i\text{min}}/q_{i\text{max}}))$, $\mu_i = f_i(T_{i\text{fact}}/T_{i\text{max}})H_0/f_i$, $q_{i\text{min}}$ и $q_{i\text{max}}$ – минимальное и максимальное значение удельного потребления кислорода (метаболизма) организмом i -го вида соответственно,

Таблица 2. Показатели суммарного за потенциальное время жизни удельного метаболизма окуня из разных водоемов, а также параметры аппроксимации роста на основе уравнения Берталанфи

Водоем	W_{inf} , годы	k	T_{fact} , годы	W , г	E_{max} , ккал/г	$F_i(H_i)$	Источник
Оз. Сосновое	797	0.438	12	468	131	0.57	Озера Хакассии..., [42]
Оз. Жемчужное	1039	0.240	23	629	232	0.566	Руденко, 2000 [43]
Оз. Рубанково	810	0.248	23	507	239	0.567	
Оз. Бугаево	6850	0.234	24	4132	179	0.601	Озера Хакассии, 1976 [42]
Среднее					195.3 ± 43.8	0.575 ± 0.025	

T_{ifact} и T_{imax} — фактическая и максимальная продолжительность жизни i -го вида организма соответственно, f_i — константа i -го вида организма.

Из данной формулы следует, что предложенная нормированная мера — детерминированная энтропия метаболизма i -го организма H_i — соответствует всем правилам построения математической энтропии [27]. Она позитивна ($H_i > 0$), изменяется в пределах от нуля до единицы и аддитивна. Энтропийный функционал $F_i(H_i)$ согласно выражению (7) определится следующим образом:

$$F(H_i) = \int_0^{T_{\text{fact}}} H_i(q_i(t)) dt / T_{\text{fact}}. \quad (24)$$

Константа f_i для i -го вида организма в формуле детерминированной энтропии метаболизма организма (23) определяется по калибровке функционала (24) на значение энтропии «золотого сечения» H_0 для организма в популяции с максимальной продолжительностью жизни T_{max} .

Как следует из табл. 1 и 2, энтропийный инвариант $F(H_i)$ для рыб (щуки, окуни) из разных водоемов имеет практически постоянное значение. Так, например, для щук и окуней с различной продолжительностью жизни значение энтропийного инварианта $F(H_i)$ составляет соответственно 0.622 ± 0.01 и 0.575 ± 0.025 . В работе [44] предложены соотношения роста и метаболизма для рыб, отличающиеся от аллометрических соотношений в работе (22):

$$q(t) = q_0(1 - \omega^{1+\beta} t^\beta), \quad (25)$$

где $\omega(M) = 0.41 M^{-0.25}$, $\beta = 2.6 \pm 0.18$.

Необходимо отметить, что различие аллометрических соотношений (22) и (25) принципиальных различий не имеет, так как оно обусловлено разными аппроксимациями экспериментальных данных, используемыми авторами представленных работ, и для них всегда характерна отрицательная степенная зависимость метаболизма от массы организма.

Как следует из табл. 3, для других видов рыб из разных водоемов значение энтропийного инварианта $F(H_i)$ также принимает значение, близкое к энтропии «золотого сечения» ($F(H_i) = 0.6125 \pm 0.08$). В табл. 3 параметры p и r — достоверность и коэффициент корреляции опытных данных. Таким образом, для разных видов рыб получено подтверждение инвариантности энтропийного функционала метаболизма при фиксированном значении f показателя энтропии (24). Среднее значение энтропийного инварианта $F(H_i)$ при фиксированном значении f ($f = \delta = 0.46609$ — первая постоянная Фегенбаума) для рассмотренных видов рыб составляет $\langle F(H_i) \rangle = 0.603 \pm 0.028$, т.е. отклонение от среднего значения не превышает 5%. В то же время отклонения от среднего значения потребления полной энергии (кислорода) на один грамм веса организма E_{max} за весь период жизни превышают 30% (табл. 1 и 2). Необходимо отметить, что в формуле детерминированной энтропии метаболизма (23)

Таблица 3. Результаты расчетов величины энтропийного инварианта $F(H_i)$ для некоторых популяций рыб из разных водоемов (w_0 , M_∞ , $m_{\max}$ [г], $t_{\max}$ [годы])

Вид, водоем	w_0	p	r	k	$W_{\inf}$	T_{fact}	W	$F(H_i)$
Густера (Волгоград. водохр.)	0.005	0.91 ± 0.04	1.09 ± 0.15	0.28	1867	20	1131	0.606
Ерш (Рубанково)	0.001	0.67 ± 0.06	1.08 ± 0.16	1.22	34	5	22	0.58
Лещ (Жижицкое)	0.001	0.95 ± 0.03	1.00 ± 0.20	0.17	6111	34	3772	0.65
Лещ (Локново)	0.001	0.92 ± 0.02	1.23 ± 0.10	0.27	3087	21	1855	0.66
Плотва (Жемчужное 1)	0.011	0.95 ± 0.05	0.75 ± 0.18	0.16	2908	35	1788	0.604
Плотва (Жемчужное 2)	0.011	0.94 ± 0.08	0.78 ± 0.24	0.20	1876	29	1161	0.6012
Плотва (Сомино)	0.011	0.89 ± 0.16	0.96 ± 0.52	0.34	754	17	470	0.602
Плотва (Чернявское)	0.011	0.90 ± 0.07	0.98 ± 0.26	0.31	1013	18	612	0.6
Среднее								0.613 ± 0.033

показатель f для рыб разных видов равен первой универсальной константе Фегенбаума ($\delta = 4.669$), связанной с процессом удвоения логистического отображения, что, возможно, имеет глубинную связь с единицей внутреннего времени, введенной в работе [18], которая определяется как время удвоения массы организма для пойкилотермных животных.

Как отмечено выше, для расчета составляющих энтропийного фактора $W(H)$, в частности, можно использовать аппарат неравновесной термодинамики [1], фрактально-кластерной теории [23–25] и аппарат построения условных энтропий [26, 27].

Проведенный в работе [25] анализ на основе фрактально-кластерной теории [25] развития 39 видов организмов, список которых начинается с древнейших хламидомонад, гидр и до *Homo sapiens*, также позволяет количественно подтвердить постулируемую гипотезу — в среднем отклонение по рассматриваемым видам от выполнения

гипотезы энтропийного инварианта не превышает 2–3%.

Косвенным подтверждением гипотезы об энтропийном инварианте для организмов также являются исследования, проведенные в работах [41–43]. Нормированная энтропия двигательной активности молодых здоровых людей соответствует энтропии «золотого сечения», что можно сопоставить II этапу эталонного тренда энтропии (рис. 1а).

Как отмечено выше, феномен ускорения и замедления индивидуального времени известен по данным интроспекции: в детстве (этап I на рис. 1) собственное время течет медленнее, а в зрелом возрасте, с годами, все быстрее и быстрее (этап III на рис. 1). Это также является косвенным подтверждением предложенной гипотезы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен обзор исследований, посвященных проблеме собственного (физиологического)

времени биологических организмов и интегральных характеристик их жизнедеятельности, и изложены результаты оригинальных исследований автора. Проверка в многочисленных исследованиях [15–21, 39] гипотезы Рубнера [5], постулирующей для некоторых видов млекопитающих приблизительно равное количество энергии, используемое единицей массы взрослого животного за период жизни от момента прекращения роста до смерти, показало, что расширение постоянства «константы Рубнера» для видов, в том числе пойкилотермных животных, например для моллюсков и рыб, не имеющих границы роста, представляется необоснованным.

Ввиду данного факта была предложена гипотеза энтропийного инварианта для организмов. Суть данной гипотезы заключается в постулировании инвариантности вновь введенной физической величины — функционала действия энтропии для полной продолжительности жизни организма (глобальная инвариантность) и для любого отрезка жизни организма, в течение которого имеет место измеряемое изменение его состояния (локальная инвариантность). Одним из следствий данной гипотезы является полученная связь индивидуального времени организма с хронологическим временем. Полученная формула включает фундаментальную физическую величину теории структуры И. Пригожина — второй дифференциал энтропии.

Введено понятие «кванта» действия энтропии или «кванта» старения организма, представляющего собой порцию энтропии получаемой (генерируемой) организмом за минимально возможный промежуток времени $\Delta t_{\min}$ развития системы i -го типа.

Другим следствием данной гипотезы является утверждение о фрактальной структуре индивидуального времени организма. Важно отметить, что имеет место глубинная аналогия между Вторым началом термодинамики ($\Delta S \geq 0$), где знак равенства изменения термодинамической энтропии ΔS относится к обратимым (идеальным процессам) и отклонением размерности индивидуального времени жизни организма от его идеального значения $\Delta D = D - D^{\text{ideal}} \geq 0$ (где знак равенства относится к организмам, имеющим идеальный (эталонный) тренд энтропии). Проверка выдвинутой гипотезы о глобальной и локальной инвариантности функционала действия энтропии $F(H)$ была апробирована на опытных данных по метаболизму рыб разных видов [36–38]. Для разных видов рыб получено подтверждение инвариантности функционала действия энтропии при фиксированном значении показателя энтропии f . Среднее значение энтропийного инварианта $F(H_i)$ при фиксированном значении f ($f = \delta = 0.46609$ — первая по-

стоянная Фегенбаума) для рассмотренных видов рыб составляет $\langle F(H_i) \rangle = 0.603 \pm 0.028$, т.е. отклонение от среднего значения не превышает 5%. Интересным является факт, что в формуле (23) детерминированной энтропии метаболизма организма показатель f для рыб разных видов равен первой универсальной константе Фегенбаума, связанной с процессом удвоения логистического отображения, что, возможно, имеет глубинную связь с единицей собственного (физиологического) времени, введенной в работе [18], которая определяется как время удвоения массы организма для пойкилотермных животных.

Необходимо позиционировать единицу собственного времени организма, введенную в представленной статье, и единицу собственного (физиологического) времени, введенную в работе [18]. Единица собственного (физиологического) времени, введенная авторами работы [18], представляет собой значимый временной период, в течение которого происходит удвоение массы организма, не имеющего границу роста.

В контексте настоящего исследования единица собственного времени — это минимальный промежуток времени, в течение которого происходит измеряемое изменение состояния организма. Этой минимальной единицей собственного времени организма (для человека) может быть инвариант временного самоощущения, выявленного Б.И. Цукановым [3], который оказался врожденной константой биологических часов индивида и может быть связан с минимальным масштабом времени $\Delta t_{\min}$. Также кандидатом на минимальную единицу собственного времени организма может быть цитохрон (время деления клетки). Однако данные предположения требуют отдельного изучения.

Для дальнейшей проверки предложенной гипотезы энтропийного инварианта должны быть проведены широкомасштабные исследования с использованием опытных данных по метаболизму и росту организмов для следующих организмов: 1) млекопитающих; 2) птиц; 3) пойкилотермных (моллюски, рыбы); 4) насекомых; 5) амфибий и 6) организованных клеточных структур.

Несомненно, актуальным исследованием может быть:

1) определение зависимости продолжительности жизни организмов (высших млекопитающих) от аккумулированной организмом энтропии, обусловленной внешними условиями и внутренними причинами;

2) в сравнительном анализе результатов жизнедеятельности тех организмов, продолжительность жизни которых находится во взаимно однозначном соответствии с размерами и массой тела

(моллюски, рыбы и др.) по валидным методам оценки [6–19] и предлагаемой гипотезе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность доц. к.ф.-м.н. А.П.Зубареву, и к.псих.н. В.В. Волову за обсуждения и ценные замечания по статье.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая работа не содержит описания исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. П. Гленсдорф и И. Пригожин, *Термодинамическая теория структуры устойчивости и флуктуации* (Мир, М., 1973).
2. И. Пригожин и И. Стенгерс, *Пряток из хаоса: Новый диалог человека с природой* (Прогресс, М., 1986).
3. И. Пригожин, *Введение в термодинамику необратимых процессов* (ИИЛ, М., 1960).
4. Г. Хакен, *Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам* (Мир, М., 1991).
5. M. Rubner, *Das problem der Lebensdauer und seine Beziehungen zu Wachstum und Ernährung* (München; Berlin, 1908).
6. В. Е. Lebensdauer, *Biol. Zentralblatt* **51** (1/2), 74 (1931).
7. G. Backman, *Wachstum und organische Zeit* (J.A. Barth, Leipzig, 1943).
8. L. P. du Noüy, *Biological time* (Methuen, L., 1936).
9. S. Brody, *Growth* **1** (1), 60 (1973).
10. S. Brody, *Bioenergetics and growth* (Reinhold Publ. Corp., N.Y., 1945).
11. А. И. Зотин, *Термодинамический подход к проблемам развития, роста и старения* (Наука, М., 1974).
12. А. И. Зотин, в сб. *Биология старения* (Наука, Л., 1982), сс. 116–129.
13. А. И. Зотин, *Термодинамическая основа реакции организмов на внешние и внутренние факторы* (Наука, М., 1988).
14. А. И. Зотин и А. А. Зотин, *Онтогенез* **27** (2), 147 (1996).
15. А. И. Зотин и Р. С. Зотина, *Феноменологическая теория развития, роста и старения организма* (Наука, М., 1993).
16. А. И. Зотин и Т. А. Алексеева, *Физиол. журн.* **30** (1), 59 (1984).
17. А. А. Зотин и И. Г. Владимирова, *Изв. РАН. Сер. биол.* № 3, 331 (2001).
18. А. Ф. Алимов и Т. И. Казанцева, *Изв. РАН. Сер. биол.*, № 3, 347 (2007).
19. А. Ф. Алимов и Т. И. Казанцева, *Докл. РАН* **396** (4), 561 (2004).
20. Т. А. Детлаф, в кн. *Конструкция времени в естествознании. Ч. 1. Междисциплинарное исследование* (Изд-во МГУ, М., 1996), сс. 59–64.
21. J. O. Reiss, *Amer. Natur.* **134** (2), 170 (1989).
22. M. J. Boddington, *J. Theor. Biol.* **75** (4), 443 (1978).
23. V. T. Volov, *arXiv preprint*, arXiv: 1309.1415 (2013).
24. В. П. Бурдаков, *Эффективность жизни* (Энергоиздат, М., 1997).
25. В. Т. Волон, *Экономика. Флуктуации и термодинамика* (Изд-во СНЦ РАН, Самара, 2001).
26. Н. Ингленд и Дж. Мартин, *Математическая теория энтропии* (Мир, М., 1988).
27. A. Stakhov, *Chaos, Solitons & Fractals* **26** (2), 263 (2005).
28. С. Аристотель, *О частях животных* (Биомедгиз, ВПМ, 1937).
29. М. А. Дынник, *Диалектика Гераклита Эфесского* (РАНИОН, М., 1929).
30. В. И. Жарков, *Непрерывно-дискретное пространство и время микрообъектов* (Наука, Новосибирск, 1971).
31. В. И. Вернадский, *Изв. АН СССР. Отд. мат. и естеств. наук* **4**, 511 (1932).
32. Л. С. Выготский, *Психология развития* (Эксмо, М., 2004).
33. З. Фрейд, *По ту сторону принципа удовольствия* (Фолио, М., 2013).
34. Г. М. Назлоян, <http://mask-therapy.ru/cntnt/knigi/rojdienie-i-smert.html>.
35. Б. И. Цуканов, *Время в психике человека* (Астропринт, Одесса, 1999).
36. А. И. Бобков, Л. Ф. Калягин и Н. Ф. Калягина, в *Сб. науч. тр. ГосНИОРХ* (1987), вып. 272, сс. 52–66.
37. А. И. Бобков и А. В. Соколов, в *Сб. науч. тр. ГосНИОРХ* (1988), вып. 279, сс. 118–130.
38. *Озера Хакасии и их рыбохозяйственная оценка*, под ред. Б.П. Сигиневича (Кн. изд-во, Красноярск, 1976).
39. Г.П. Руденко, *Продукционные особенности ихтиоценозов малых и средних озер Северо-запада и их классификация* (ГосНИОРХ, СПб., 2000).
40. R. E. Ricklefs, *J. Avian Biol.* **31**, 2 (2000).
41. В. Т. Волон, *Известия Самарского научного центра РАН* **5** (2), 204 (2018).
42. V. T. Volov and V. V. Volov, *arXiv*: 1510.02679 [q-bio.NC].
43. В. Т. Волон и В. В. Волон, *Нац. психологич. журн.* **4** (24), 98 (2016).

The Hypothesis about Entropy Invariant for Biological Organisms

V.T. Volov

Samara State University of Railway Transport, ul. Svobody 2v, Samara, 443110 Russia

The article presents an overview of studies devoted to the problem of intrinsic factors (physiological history) and extrinsic factors that shape the life history of biological organisms including new original author's results. A hypothesis about the invariance of a newly introduced extrinsic factor as the functional of the entropy action has been formulated. According to this hypothesis, the value of the entropy action functional is the same for all organisms of a particular species. Based on the proposed hypothesis, the interaction has been found between the intrinsic (chronological) and environmental (extrinsic) factors that control the growth of biological organism. The resulting formula for this interaction includes the fundamental function of I. Prigogine's theory of structure; it is the second differential of entropy. It is shown that the intrinsic factor of an organism has a fractal structure. A formula for a mathematical measure - the deterministic entropy of the organism's metabolism - has been proposed, and allowed us to test this hypothesis for some groups of organisms. The perspectives of the proposed hypothesis testing for organisms are discussed.

Keywords: Rubner's constant, entropy invariant, intrinsic (physiological) factor of an organism, functional of entropy action, second differential of entropy