

Математическая модель количественной оценки пассионарного напряжения открытой системы

Е. А. Севрюкова

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Россия

melaly@mail.ru

Исследуется механизм биогеохимических связей и степень влияния физического фактора, а именно пассионарности, на распределение структурных единиц в открытой системе. Диссипативная структура пассионарности проанализирована с точки зрения динамики открытой системы в самые критические моменты ее развития. Предлагается модель количественной оценки пассионарного напряжения открытой системы на основе математической статистики и понятий статистической термодинамики.

Ключевые слова: математическая модель; энергия; механизм; открытая система; пассионарность; диссипативная структура; энергетический потенциал; термодинамика; биогеохимические связи; абсорбция; квантовое состояние.

Mathematical Model for Evaluation of the Passionary Tension of an Open System

E. A. Sevryukova

National Research University of Electronic Technology, Moscow, Russia

melaly@mail.ru

The author studies the mechanism of biogeochemical connections and the degree of influence of the physical factor (passionarity) on the pattern of distribution of structural units in an open system. The author has analyzed dissipative structure of passionarity in the most critical moments of its development from the viewpoint of the open system dynamics. The author also offers a mathematical model of quantitative evaluation of an open system based on mathematical statistics and the definition of statistical thermodynamics.

Keywords: mathematical model; energy; mechanism; open system; passionarity; dissipative structure; energy potential; thermodynamics; biogeochemical connections; absorption; quantum state.

Математическое моделирование по- (биогеохимических связей) на основе
зволяет раскрыть механизм кинетики исследования свободной энергии ор-
процессов (как совокупность множества ганизма (пассионарности) и выявить:

© Севрюкова Е. А.

характер распределения структурных единиц в открытой системе, влияние пассионарности на диссипативную структуру, динамику средней пассионарности структуры и возможность ее практического применения в качестве инструмента систематизации наблюдаемых фактов (для систем безопасности), — а также дать оценку историческому процессу и т. д.

Под пассионарностью понимают свободную, биогеохимическую [1], энергию открытой системы (живого вещества), находящейся в контакте с тепловым резервуаром (биосферой). Энергетической характеристикой открытой системы является стремление к сверхнапряжению.

Теоретические исследования ограничиваются определением степени влияния пассионарности на абсорбцию организмом свободной энергии из внешней среды и рассеивание энергии при реализации жизнедеятельности.

Любое взаимодействие системы с тепловым резервуаром имеет целью достичь минимума пассионарности. Совокупность процессов рассеивания свободной энергии и абсорбции этой энергии из внешней среды образует энергетический поток, необходимый для существования стационарной открытой системы как диссипативной структуры, т. е. системы, в которой наблюдается прирост энтропии [2]. В таких системах энергия упорядоченного движения переходит в энергию неупорядоченного хаотического движения — в тепло. Если замкнутая система (гамильтонова система), выведенная из состояния равновесия, всегда стремится вновь прийти к максимуму энтропии, то открытая система может прийти к стационарному состоянию, поскольку есть вероятность, что отток энтропии уравнивает ее рост в самой системе. Если же отток

энтропии превысит ее внутренний рост, то возникают и разрастаются до макроскопического уровня крупномасштабные флуктуации, а при определенных условиях в системе начинают происходить самоорганизационные процессы: создаются упорядоченные структуры.

Источником пассионарности является энергопотенциал открытой системы (количество свободной энергии системы), в термодинамике называемый потенциалом Гиббса или Гельмгольца [3; 4].

Согласование поведения диссипативной системы обусловлено связью ее структурных единиц. Температура, концентрация, давление, конвективная скорость и т. д. — параметры, управляющие сложностью, устойчивостью и упорядоченностью открытой системы. Эти параметры неинвариантны во времени, т. е. чередование некоторых событий будет необратимым, если сделать попытку макроскопического описания мгновенного состояния системы.

Неравновесность проявляется при взаимодействии с внешней средой структурных единиц, реализуемых за счет пассионарности. Характеристикой неравновесности является пассионарное напряжение — отношение количества пассионарности, имеющейся в диссипативной структуре, к количеству структурных единиц, составляющих систему:

$$P_m = \frac{\sum_j^N P_j}{N}, \quad (1)$$

где P_m — пассионарное напряжение; N — общее количество структурных единиц системы; P_j — пассионарность j -й структурной единицы (j — индекс от 1 до N).

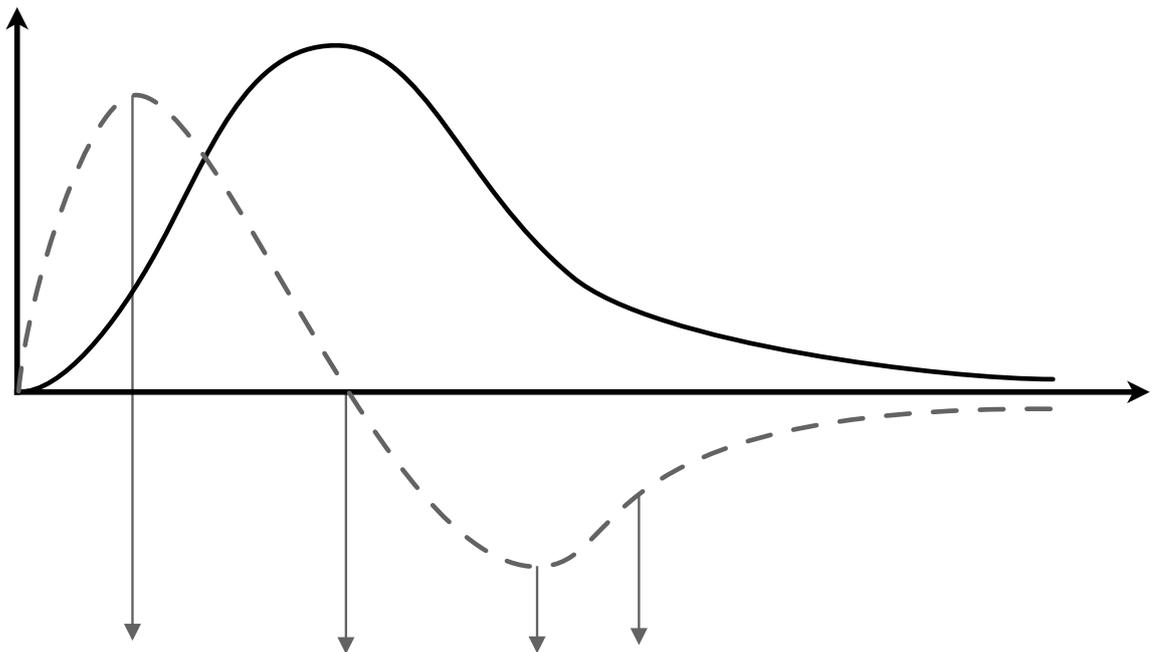
Уровень P_m служит критерием сложности диссипативной структуры, от него зависит смена фаз в структуре, доминирование определенного типа структурных единиц (пассионариев,

субпассионариев) в системе. Пассионарии находятся в зависимости от степени термодинамической неравновесности условий. Субпассионарии не способны абсорбировать из окружающей среды достаточное количество энергии. Количество структурных единиц в различные моменты существования системы показывает динамику изменения

величины P_m во времени. Величина P_m измеряется в джоулях или килокалориях. Резкое повышение P_m называется *пассионарным толчком* [1].

Для построения математической модели количественной оценки пассионарного напряжения открытой системы достаточно использовать условные единицы шкалы P (рис. 1) [1].

Ход пассионарного напряжения системы и ее производной P'



Продолжительность фаз этногенеза

ок. 200 лет 300 лет 200 лет 200 лет 600 лет Итого = 1500 лет

Фазы этногенеза:

Подъема* Акматическая Фаза надлома Инерция Обскурации Мемориальная Гомеостаза

Рис. 1. Изменение пассионарного напряжения диссипативной системы

Зная квантовое состояние структурной единицы системы, можно оценить ее пассионарность. Границей перехода от одного состояния к другому условно считается середина интервала, разделяющего эти состояния (см. таблицу).

Структурные единицы субпассионарного типа обладают деструктивным характером влияния на систему в целом

и могут быть отнесены к прочим факторам окружающей среды, поэтому при построении математической модели этим типом можно пренебречь.

Состояние структурной единицы системы, соответствующее определенной качественной характеристике, можно назвать квантовым пассионарным состоянием, а число i — квантовым числом пассионарности.

**Зависимость пассионарности
от квантового состояния
структурной единицы [1]**

i	Качественная характеристика пассионарности (квантовое состояние)	Пассионарность P	
		Нижняя граница P _l	Верхняя граница P _h
1	Тихий обыватель, адаптированный к биоценозу ареала	0	0,5
2	Стремление к благоустройству без риска для жизни	0,5	2
3	Поиск удачи с риском для жизни	2	4,5
4	Стремление к идеалу знания и творчества	4,5	8
5	Стремление к идеалу успеха	8	12,5
6	Готовность рисковать жизнью ради достижения полного превосходства	12,5	18
7	Готовность жертвовать жизнью без колебаний	18	24,5

Предположим, что структурные единицы различных типов распределены в системе случайным образом и существует возможность измерения пассионарности каждой j -й структурной единицы системы P_j . Тогда, сгруппировав идентичные структурные единицы системы по качественным характеристикам пассионарности (1), измеренной одновременно для всех единиц, можно вычислить P_m следующим образом:

$$P_m = \frac{1}{N} \cdot \sum_j P_j \cdot N_j, \quad (2)$$

где N_j — количество структурных единиц с пассионарностью P_j .

Формула (2) может быть представлена другим выражением:

$$P_m = \sum_j P_j \cdot \Omega_j, \quad (3)$$

где $\Omega_j = \frac{N_j}{N}$ есть концентрация структурных единиц j -го типа (вероятность обнаружения структурных единиц j -го типа в системе).

Величина P_m является математическим ожиданием P . С помощью теории вероятности можно вычислить величину Ω для любого квантового состояния (см. таблицу):

$$\Omega_i = \int_{P_{li}}^{P_{hi}} \varphi(P) dP, \quad (4)$$

где $\varphi(P)$ — плотность вероятности.

Зная функцию $\varphi(P)$, можно оценить число пассионариев различных уровней, не пользуясь для измерения пассионарности специальным оборудованием (выше нормы — пассионарность, норма — гармоничность, ниже нормы — субпассионарность).

Чтобы найти $\varphi(P)$, требуется обосновать характер распределения величины P . Условием равновесия (при P_{\max}) диссипативной структуры считается минимум свободной энергии. Функция энергии квантового состояния структурной единицы уменьшается по экспоненте и соответствует вероятностному значению его идентификации [2]. С уменьшением величины P растет вероятность обнаружения структурной единицы диссипативной системы с P_j , так как пассионарность — лишь процент от суммарной энергии в энергетическом балансе целой структуры. Функция $\varphi(P)$ достигнет максимума, вне зависимости от значения P_m , при соблюдении условия

$$P = P_{\min} = 0$$

и будет убывать по экспоненте с возрастанием P . Наиболее приемлемой

функцией $\varphi(P)$ будем считать функцию с экспоненциальным характером [3]:

$$\varphi(P) = C \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot P}, \quad (5)$$

где λ — параметр распределения, связанный с P_m выражением [4]:

$$P_m = 1/\lambda. \quad (6)$$

Условия нормировки позволяют определить константу C из выражения (5) следующим образом:

$$\int_{P_{\min}}^{P_{\max}} \varphi(P) dP = 1. \quad (7)$$

Учитывая выражения (5), (6) и решение уравнения (7), определим константу C :

$$C = \frac{1}{1 - e^{-\frac{P_{\max}}{P_m}}}. \quad (8)$$

Далее можно рассчитать вероятность Ω_i по формуле (4), подставив в нее выражения (5), (6) и (8):

$$\Omega_i = \frac{1}{1 - e^{-\frac{P_{\max}}{P_m}}} \cdot \frac{1}{P_m} \cdot \int_{P_{li}}^{P_{hi}} e^{-\frac{P}{P_m}} dP. \quad (9)$$

Вероятность Ω_i с учетом формулы Ньютона — Лейбница может быть записана в следующем виде:

$$\Omega_i = \frac{e^{-\frac{P_{li}}{P_m}} - e^{-\frac{P_{hi}}{P_m}}}{1 - e^{-\frac{P_{\max}}{P_m}}}. \quad (10)$$

С течением времени диссипативная система развивается, P_m изменяется, поэтому для каждого i -го квантового состояния структурной единицы системы можно исследовать динамику изменения величины Ω_i во времени (рис. 2).

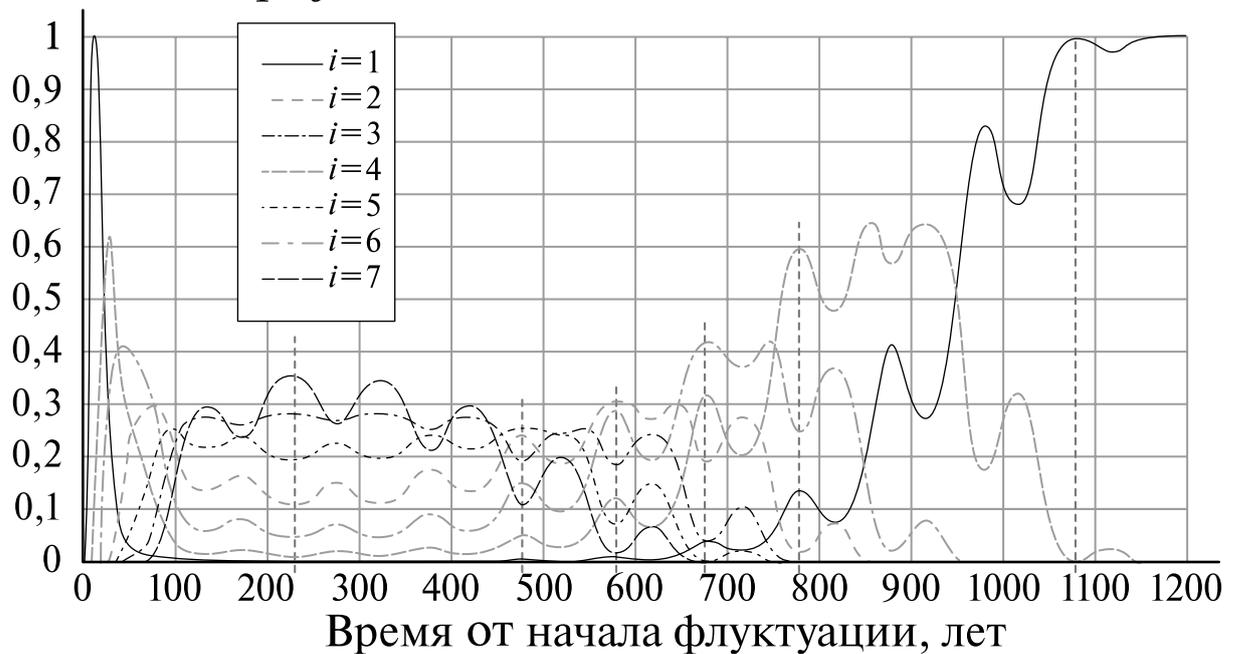


Рис. 2. Изменение количественных долей пассионариев различных типов в процессе развития системы

Различные типы структурных единиц системы обладают разной пассионарностью и разной способностью совершать работу. Поэтому оценка вклада каждой группы идентичных пассионариев в общую работу требует определенных предположений.

Работа структурных единиц i -го типа будет оказывать влияние на их группу и вносить коррективы в тренд поведения системы в целом.

Величина P_i структурной единицы системы равна значению $c_{i \max}$. Таким образом, процентное соотношение работы

c_i диссипативной структуры для каждого типа единиц системы можно описать следующим выражением:

$$\chi_i = \frac{P_{\Sigma i}}{P_{\Sigma}}, \quad (11)$$

где $P_{\Sigma i}$ — суммарная пассионарность i -го типа структурных единиц; P_{Σ} — суммарная пассионарность диссипативной системы.

Выражение (11) позволяет определить значение c_i , если известны величины $P_{\Sigma i}$, P_{Σ} .

Значение c_i можно вычислить только с помощью математической статистики и физических методов, так как собрать данные о количестве структурных единиц i -й группы и количестве структурных единиц всех типов системы на практике нереально.

Определим среднее значение P_{mi} для i -й группы структурных единиц, используя значение плотности вероятности:

$$P_{mi} = \int_{P_{li}}^{P_{hi}} P \cdot \varphi(P) \cdot dP. \quad (12)$$

Тогда c_i вычисляется следующим образом:

$$\chi_i = \frac{P_{mi}}{\sum_i P_{mi}}. \quad (13)$$

Подынтегральная первообразная функция может быть найдена с учетом (5), (12) и таблицы интегралов:

$$F(P) = -\frac{C}{\lambda} \cdot (\lambda \cdot P + 1) \cdot e^{-\lambda \cdot P}. \quad (14)$$

Значение c_i можно вычислить по формуле Ньютона — Лейбница:

$$\chi_i = \frac{F(P_{hi}) - F(P_{li})}{\sum_i (F(P_{hi}) - F(P_{li}))}. \quad (15)$$

Используя выражения (15), (14), (6) и (8), строим динамику зависимости работы c_i от времени, аналогично построению динамики изменения величины Ω_i (рис. 3).

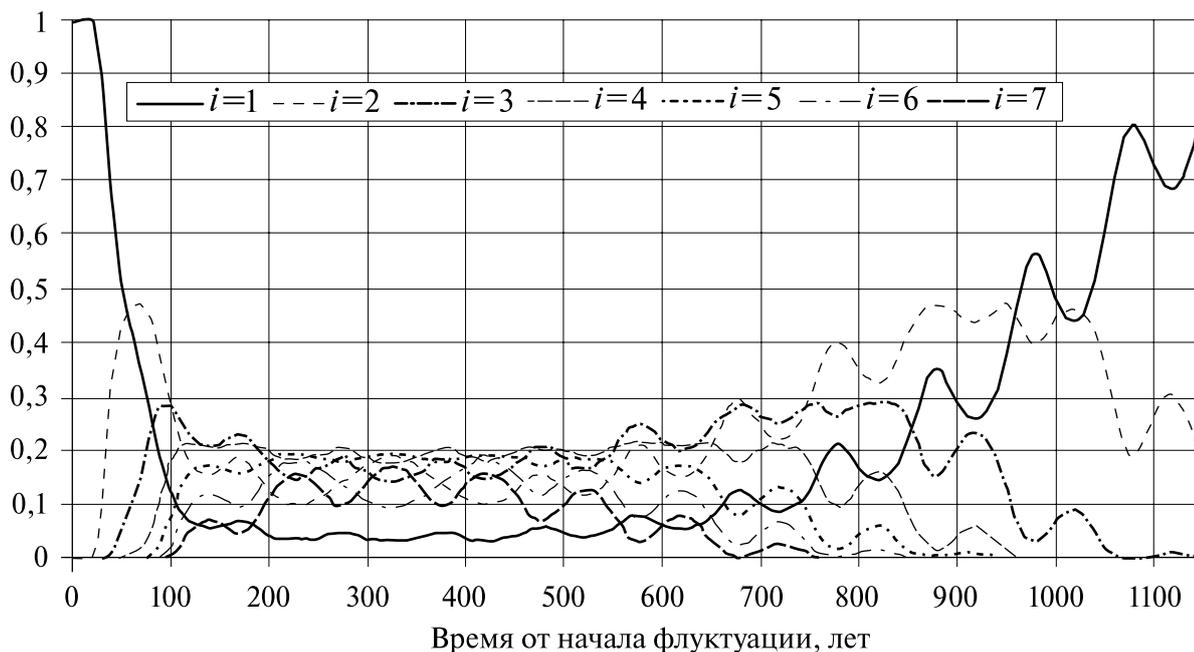


Рис. 3. Изменение долей работы различных типов пассионариев в общей пассионарной работе системы с течением времени

Построенная модель дает принципиально иное видение процесса развития диссипативной системы по отношению к характеристике, данной Л. Н. Гумилевым [1]. При

исследовании динамики структуры пассионарности системы можно рассматривать сопутствующие явления в целях объяснения последовательной смены циклов.

Подведем итог. Нами выдвинуты следующие гипотезы: предположение относительно экспоненциального характера распределения пассионариев в системе (5) и предположение относительно критерия влиятельности пассионарных групп (величина c_i).

С использованием аппарата математической статистики, понятий статистической термодинамики построена математическая модель количественной оценки P_m открытой системы, имеющая конкретный физический смысл. Сопоставление результатов вычислений с фактическим статистическим материалом показало, что модель адекватна наблюдаемой реальности.

Литература

1. *Гумилев Л. Н.* Этногенез и биосфера Земли. М.: ТОО «Мишель и Ко», б. г. [1993]. 498, [5] с.
2. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с.: рис.
3. *Рейф Ф.* Статистическая физика. 3-е изд., испр. М.: Наука, 1986. 336 с. (Берклевский курс физики; т. 5).
4. *Лавенда Б. Х.* Статистическая физика. Вероятностный подход: пер. с англ. М.: Мир, 1999. 432 с.: ил.

Поступила после доработки 10.01.2018

Севрюкова Елена Александровна — доктор технических наук, профессор, заместитель директора института «Перспективных Материалов и Технологий» Национального исследовательского университета «МИЭТ» (Россия, 124498, Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1), *melaly@mail.ru*

References

1. Gumilev L. N. Ethnogenesis i biosfera Zemli (Ethnogenesis and Biosphere of Earth), M., TOO "Mishel' i Ko", 1993, 498, 5 p.
2. Nikolis G., Prigozhin I. Samoorganizatsiya v neravnovesnykh sistemakh: ot dissipativnykh struktur k uporyadochennosti cherez fluktuatsii (Self-Organization in Nonequilibrium Systems. From Dissipative Structures to Order through Fluctuations), M., Mir, 1979, 512 p., ris.
3. Reif F. Statisticheskaya fizika (Statistical Physics), 3-e izd., ispr., M., Nauka, 1986, 336 p., Berkeley Physics Course, Vol. 5.
4. Lavenda B. Kh. Statisticheskaya fizika. Veroyatnostnyi podkhod (Statistical Physics: A Probabilistic Approach), per. s angl., M., Mir, 1999, 432 p., il.

Submitted after updating 10.01.2018

Sevryukova Elena A., Doctor of Engineering Sciences, professor, deputy director of Institute "Projected Materials and Technologies", National Research University of Electronic Technology (Russia, 124498, Moscow, Zeleznograd, Shokin sq., 1), *melaly@mail.ru*