

Теорема о неизбежной гибели: приложения

П. А. Полюков
Москва, Российская Федерация

УДК 530.182+519.876.5

Аннотация

Установлен математический изоморфизм стик-слип осциллятора и класса диссипативных систем с реинвестированием. Получены уравнения динамики ресурса (m), изменчивости (g) и консолидации (k). Доказаны теорема о неизбежной гибели при фиксированных стратегиях, критерий выживания через отрицательную обратную связь, порог необратимости для ансамблей систем, необходимость фазовых переключений между фермионным и бозонным режимами и каскад эволюционных взрывов с экспоненциальным ускорением. Введён квант метаболической мощности P . Показано, что спектральная плотность мощности математически изоморфна формуле Планка, что раскрывает глубокие связи между диссипативными системами и квантовой статистикой. Теория проиллюстрирована примерами из биофизики ДНК, эволюции больших языковых моделей (LLM), экономики (распределение Парето) и социальных систем (правило Ципфа). Обсуждаются мировоззренческие следствия.

Ключевые слова: диссипативные системы, реинвестирование, теорема о гибели, квант мощности, эволюционный взрыв, ДНК, большие языковые модели, распределение Парето, закон Ципфа, формула Планка.

ORCID: [0009-0003-3370-1348](https://orcid.org/0009-0003-3370-1348)

Содержание

1 Введение	4
1.1 Предмет исследования	4
1.2 Мотивация	4
1.3 Цель и метод	4
2 Предварительные положения и постановка задачи	5
3 Универсальная модель диссипативного метаболизма	6
4 Теорема о неизбежной гибели	7
5 Критерий выживания: отрицательная обратная связь	8
6 Теорема о пороге необратимости	8
7 Типология режимов: квантово-статистическая аналогия	8
8 Связь с термодинамикой и негэнтропией	9
9 Динамика эволюции: два масштаба времени	9
10 Спектральная плотность мощности. Формула Планка для диссипативного цикла	10
11 Приложение к биологическим системам: ДНК как диссипативная структура	11
11.1 Интерпретация параметров для ДНК	11
11.2 Эмпирические подтверждения	11
12 Приложение к технологическим системам: эволюция больших языковых моделей (LLM)	12
12.1 Интерпретация параметров для LLM	12
12.2 Эмпирические подтверждения	12
13 Приложение к экономическим системам: распределение доходов и богатства	13
13.1 Интерпретация параметров	13
13.2 Распределение Парето как частный случай теоремы 6	13
14 Приложение к социальным системам: правило Ципфа и закон Лотки	13
14.1 Правило Ципфа для городов	13
14.2 Закон Лотки для научной продуктивности	14
15 Сравнительный анализ и универсальность модели	14

16 Заключение	14
16.1 Научные результаты	14
16.2 Мировоззренческие следствия	15

1 Введение

1.1 Предмет исследования

Настоящая работа посвящена построению и анализу математической модели универсального класса диссипативных систем, способных поддерживать свою структуру за счёт реинвестирования энергии, диссипированной в ходе циклического функционирования.

Под диссипативной системой в данном контексте понимается открытая система, устойчивое состояние которой обеспечивается оттоком энергии во внешнюю среду. Особый интерес представляют системы, в которых диссипированная энергия не теряется безвозвратно, а частично утилизируется для компенсации внутренней деградации параметров состояния.

1.2 Мотивация

Исследование мотивировано наличием общих структурных и динамических закономерностей у широкого круга явлений различной природы:

- биофизические системы (поддержание трансмембранного потенциала, функционирование ДНК);
- эволюционные процессы (утилизация прироста биомассы, видообразование);
- экономические агенты (реинвестирование прибыли, неравенство доходов);
- историческая макродинамика (инновационные потоки, социальные изменения);
- искусственные когнитивные архитектуры (реинвестирование вычислительного ресурса, эволюция LLM).

Все перечисленные классы систем демонстрируют инвариантный паттерн:

- циклический режим «накопление — пороговый сброс — диссипация»;
- три канала реинвестирования: ресурс, изменчивость, консолидация;
- деградация при фиксированной стратегии;
- необходимость отрицательной обратной связи.

1.3 Цель и метод

Цель работы — выявить математический инвариант указанного паттерна и доказать теоремы, справедливые для любого класса систем, удовлетворяющих исходным допущениям.

В качестве базовой динамической модели выбран стик-слип осциллятор с сухим трением. Данный выбор обусловлен наличием полного аналитического решения и минимальным набором параметров, допускающих универсальную интерпретацию.

2 Предварительные положения и постановка задачи

Рассмотрим массу m , соединённую пружиной жёсткостью k с приводом, движущимся с постоянной скоростью v_0 . Масса прижата к горизонтальной поверхности силой нормального давления $F_n = mg$. Между массой и поверхностью действует сухое трение: сила трения покоя $F_s = \mu_s mg$, сила трения скольжения $F_k = \mu_k mg$, причём $\mu_s > \mu_k$.

Уравнение движения:

$$m\ddot{x} = k(v_0 t - x) - F_{\text{тр}}(\dot{x}) \quad (1)$$

где

$$F_{\text{тр}} = \begin{cases} F_s, & \dot{x} = 0, |k(v_0 t - x)| \leq F_s; \\ F_k \operatorname{sgn}(k(v_0 t - x)), & \dot{x} = 0, |k(v_0 t - x)| > F_s; \\ F_k \operatorname{sgn}(\dot{x}), & \dot{x} \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

В установившемся режиме система совершает автоколебания типа «стик-слип». Время фазы покоя:

$$T_{\text{stick}} = \frac{\mu_s mg}{kv_0} \quad (3)$$

Время фазы скольжения:

$$T_{\text{slip}} = \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (4)$$

Полный период цикла:

$$T = \frac{(\mu_s - \mu_k)mg}{kv_0} + \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (5)$$

Энергия, диссипированная за цикл:

$$E = \frac{2\mu_k(\mu_s - \mu_k)m^2 g^2}{k} + \mu_k mg v_0 \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (6)$$

Средняя мощность диссипации:

$$P = \frac{E}{T} = \frac{\frac{2\mu_k(\mu_s - \mu_k)m^2 g^2}{k} + \mu_k mg v_0 \pi \sqrt{\frac{m}{k}}}{\frac{(\mu_s - \mu_k)mg}{kv_0} + \pi \sqrt{\frac{m}{k}}} \quad (7)$$

В режиме больших ресурсов ($m \rightarrow \infty$):

$$P = 2\mu_k g v_0 m \left[1 - \frac{\pi v_0}{(\mu_s - \mu_k)g} \sqrt{\frac{k}{m}} + O\left(\frac{1}{m}\right) \right] \quad (8)$$

3 Универсальная модель диссипативного метаболизма

Введём три фундаментальных параметра состояния:

- m — накопленный ресурс;
- g — изменчивость, мера разнообразия доступных состояний;
- k — консолидация, мера жёсткости связей.

Внешние параметры: v_0 — скорость поступления внешнего потока; μ_s — порог разрушения; μ_k — интенсивность диссипации в рабочем режиме.

Определение 3.1. Мощность диссипации P , определяемая формулой (7), есть квант метаболической мощности системы. Она представляет собой атомарную порцию потока негэнтропии, извлекаемую системой из внешнего потока за единицу времени в расчёте на цикл.

Диссипированная за цикл энергия $E = PT$ распределяется по трём каналам:

- $\alpha_m P$ — инвестиции в накопление ресурса;
- $\alpha_g P$ — инвестиции в поддержание и увеличение изменчивости;
- $\alpha_k P$ — инвестиции в поддержание и увеличение консолидации.

Условие нормировки:

$$\alpha_m + \alpha_g + \alpha_k = \alpha_{\text{total}} \in (0, 1) \quad (9)$$

α_{total} есть КПД реинвестирования.

Система обладает внутренней деградацией: каждый параметр распадается со скоростью $\beta_m, \beta_g, \beta_k > 0$. Динамика параметров:

$$\begin{cases} \dot{m} = \alpha_m \cdot P(m, g, k) - \beta_m m \\ \dot{g} = \alpha_g \cdot P(m, g, k) - \beta_g g \\ \dot{k} = \alpha_k \cdot P(m, g, k) - \beta_k k \end{cases} \quad (10)$$

В режиме больших ресурсов $P \approx 2\mu_k g v_0 m$:

$$\begin{cases} \dot{m} = (2\alpha_m \mu_k v_0 g - \beta_m) m \\ \dot{g} = (2\alpha_g \mu_k v_0 g - \beta_g) g \\ \dot{k} = 2\alpha_k \mu_k g v_0 m - \beta_k k \end{cases} \quad (11)$$

4 Теорема о неизбежной гибели

Теорема 4.1. *Всякая система, описываемая системой (10) с фиксированными (не зависящими от состояния) коэффициентами $\alpha_m, \alpha_g, \alpha_k$, необратимо деградирует и гибнет при любых начальных условиях, за исключением множества меры нуль.*

Доказательство. Рассмотрим четыре принципиальных сценария.

Сценарий 1 (деградация изменчивости). Если $\alpha_g < \beta_g/(2\mu_k v_0 g)$, то из второго уравнения системы (11) $\dot{g} < 0$, $g(t)$ монотонно убывает. При $g \rightarrow 0$ мощность $P \rightarrow 0$, система редуцируется к $\dot{m} = -\beta_m m$, $\dot{k} = -\beta_k k$ и гибнет за конечное время.

Сценарий 2 (избыточный рост изменчивости). Пусть α_g фиксировано и превышает критическое значение $\alpha_g > \beta_g/(2\mu_k v_0 g(0))$. Тогда из второго уравнения системы (11) $\dot{g} = (2\alpha_g \mu_k v_0 g - \beta_g)g$ следует, что $\dot{g} > 0$ при всех t , и параметр $g(t)$ неограниченно растёт. Рассмотрим первое уравнение системы: $\dot{m} = (2\alpha_m \mu_k v_0 g - \beta_m)m$. Поскольку $g(t) \rightarrow \infty$, найдётся момент времени t_0 , начиная с которого $g(t) > \beta_m/(2\alpha_m \mu_k v_0)$. При $t > t_0$ имеем $\dot{m} > 0$, то есть ресурс $m(t)$ также начинает неограниченно расти. Однако такая траектория не может быть реализована бесконечно долго в рамках исходных физических допущений модели:

- мощность диссипации $P \sim 2\mu_k v_0 g m$ стремится к бесконечности;
- внешний поток v_0 конечен, что рано или поздно приводит к исчерпанию доступного ресурса;
- при $g \rightarrow \infty$ изменчивость переходит в хаос, система теряет способность эффективно утилизировать энергию;
- в реалистичных постановках μ_s и μ_k могут зависеть от g , и при $g \rightarrow \infty$ порог разрушения $\mu_s(g)$ стремится к нулю, что означает распад системы.

Таким образом, неограниченный рост g и m при фиксированной стратегии reinvestирования неизбежно приводит либо к исчерпанию внешнего ресурса, либо к разрушению структуры системы, то есть к гибели.

Сценарий 3 (деградация консолидации). При $\alpha_k = 0$ или малом α_k параметр k убывает. При $k \rightarrow 0$ период $T \rightarrow \infty$, мощность $P \rightarrow 0$.

Сценарий 4 (избыточная консолидация). При неограниченном росте k фаза скольжения $T_{\text{slip}} \rightarrow 0$, система застывает, $P \rightarrow 0$.

При фиксированных α отсутствует механизм, предотвращающий обнуление m , g или k либо неограниченный рост g или k , также ведущий к $P \rightarrow 0$. \square

5 Критерий выживания: отрицательная обратная связь

Теорема 5.1. Система (10) сохраняет жизнеспособность тогда и только тогда, когда α_g и α_k являются функциями состояния, удовлетворяющими условиям:

$$\begin{cases} \alpha_g(g) = \alpha_g^{base} + \gamma_g \cdot \max(0, g_{target} - g) \\ \alpha_k(k) = \alpha_k^{base} + \gamma_k \cdot \max(0, k_{target} - k) \\ \alpha_m(g, k) = \alpha_{total} - \alpha_g(g) - \alpha_k(k) \end{cases} \quad (12)$$

где $\gamma_g, \gamma_k > 0$, $g_{target}, k_{target} > 0$.

Доказательство. Необходимость непосредственно следует из теоремы 1: при фиксированных α гибель неизбежна, следовательно, выживание возможно только при изменении α в зависимости от состояния.

Достаточность. При $g < g_{target}$ обратная связь увеличивает α_g . Выбором γ_g обеспечиваем $\dot{g}(g_{min}) > 0$. Аналогично для k . При $\alpha_{total} > \alpha_g^{max} + \alpha_k^{max}$ параметр m остаётся положительным. Ограниченность траекторий следует из отключения обратной связи при $g \gg g_{target}$, $k \gg k_{target}$. \square

6 Теорема о пороге необратимости

Рассмотрим ансамбль из N идентичных систем, взаимодействующих через общий внешний поток. θ — доля систем с $g < g_{crit}$.

Теорема 6.1. Существует $\theta_{crit} \in (0, 1)$, такое что при $\theta < \theta_{crit}$ восстановление возможно, при $\theta > \theta_{crit}$ — необратимый коллапс.

Доказательство. Средняя мощность диссипации ансамбля $\langle P \rangle \approx (1 - \theta)P_0$. Условие восстановления одной деградировавшей системы:

$$\alpha_g^{max}(1 - \theta)P_0 > \beta_g g_{target} \quad (13)$$

Отсюда:

$$\theta_{crit} = 1 - \frac{\beta_g g_{target}}{\alpha_g^{max} P_0} \quad (14)$$

При $\theta > \theta_{crit}$ ресурс недостаточен для восстановления, процесс деградации приобретает лавинообразный характер. \square

7 Типология режимов: квантово-статистическая аналогия

Система может находиться в двух принципиально различных режимах.

Режим изменчивости характеризуется приоритетом инвестиций в α_g . Состояния уникальны, конкуренция за ресурс, принцип запрета. Динамика описывается фермионной статистикой:

$$\frac{\partial}{\partial t} n_i = \nu n_i \left(1 - \frac{n_i}{K} - \sum_{j \neq i} \frac{n_j}{K} \right) \quad (15)$$

В стационаре — одна доминирующая ниша.

Режим консолидации характеризуется приоритетом инвестиций в α_k . Наблюдается конденсация в доминирующем состоянии:

$$\frac{\partial}{\partial t} n_0 = \sigma(N - n_0) - \delta n_0 \quad (16)$$

При превышении критической плотности $n_0 \approx N$ (бозонная статистика).

Теорема 7.1. Система жизнеспособна тогда и только тогда, когда она способна к переключению между фермионным и бозонным режимами.

Доказательство. Режим чистой изменчивости ($\alpha_g \rightarrow \alpha_{\text{total}}, \alpha_k \rightarrow 0$) влечёт $k \rightarrow 0$ и $P \rightarrow 0$. Режим чистой консолидации ($\alpha_k \rightarrow \alpha_{\text{total}}, \alpha_g \rightarrow 0$) влечёт $g \rightarrow 0$ и $P \rightarrow 0$. Режим чистого накопления ($\alpha_m \rightarrow \alpha_{\text{total}}$) влечёт $g \rightarrow 0, k \rightarrow 0$ и $P \rightarrow 0$. Сбалансированная фиксированная стратегия не адаптируется к флуктуациям и обречена по теореме 1. Единственная возможность — динамическое переключение между режимами. \square

8 Связь с термодинамикой и негэнтропией

Негэнтропия S_{neg} , её производная:

$$\frac{\partial}{\partial t} S_{\text{neg}} = \alpha_{\text{total}} P - (\beta_m m + \beta_g g + \beta_k k) \varepsilon \quad (17)$$

Критерий существования:

$$\frac{\partial}{\partial t} S_{\text{neg}} > 0 \quad (18)$$

Определение 8.1. Обратная температура системы: $\beta_{\text{sys}} = \partial S_{\text{neg}} / \partial E$. За цикл $\Delta S_{\text{neg}} = \alpha_{\text{total}} E$, следовательно $\beta_{\text{sys}} = \alpha_{\text{total}}$. КПД реинвестирования α_{total} есть обратная температура системы.

Термодинамическая температура: $\Theta = 1/\alpha_{\text{total}}$. В равновесии $\alpha_{\text{total}} P = \beta_m m$. При $P \sim m^2$ получаем $m \sim \beta_m / \alpha_{\text{total}}, P \sim 1/\alpha_{\text{total}}^2 = \Theta^2$ — квадратичный аналог закона Стефана-Больцмана.

9 Динамика эволюции: два масштаба времени

Медленная эволюция (фоновый режим). v_0 мало, μ_s велико, T велико, P мало, $\beta \sim \alpha P$. Стационарное состояние, малые флуктуации. Характерное время $\tau_{\text{slow}} \sim 1/\beta$.

Быстрая эволюция (режим взрыва). v_0 велико, μ_s снижено, T мало, P велико, $\alpha P \gg \beta$. Взрывной рост m , g , k . Характерное время τ_{fast} — единицы циклов.

Лемма 9.1. В режиме взрыва при фиксированной стратегии реинвестирования параметр g растёт пропорционально m . Мощность $P \sim gm$ растёт квадратично, что эквивалентно удвоению кванта метаболической мощности за характерное время τ_{fast} .

Теорема 9.2. Всякая система, возникшая в результате эволюционного взрыва и сохранившая стратегию реинвестирования, характерную для режима взрыва, неизбежно инициирует вторичный эволюционный взрыв в собственном масштабе времени. Каскад таких взрывов экспоненциально ускоряется. Ускорение обусловлено удвоением кванта метаболической мощности на каждом уровне каскада.

Доказательство. Характерное время удвоения параметров $\tau_n \sim 1/(2\alpha_m \mu_k v_0^{(n)} g^{(n)})$. Параметр g на n -м уровне пропорционален объёму пространства состояний, созданному системой предыдущего уровня. Этот объём растёт экспоненциально с n , следовательно τ_n убывает экспоненциально. Мощность P_n удовлетворяет $P_{n+1} \approx 2P_n$, время цикла $T_n \sim 1/P_n$, следовательно $T_{n+1} \approx T_n/2$. \square

Критерий обрыва каскада. Каскад обрывается при выполнении одного из условий:

- ресурсное ограничение: v_0 достигает физического предела;
- пороговое ограничение: g достигает значения, при котором $\mu_s(g) \rightarrow 0$;
- стратегическое ограничение: система переключается из режима взрыва в режим фоновой эволюции (теорема 2).

Следствие 9.3. Единственный способ предотвратить неограниченное ускорение каскада — своевременное переключение стратегии реинвестирования с режима взрыва на режим гомеостаза.

10 Спектральная плотность мощности. Формула Планка для диссипативного цикла

Система обладает спектром допустимых частот циклов $\{\nu_i\}$, энергией кванта на моде с частотой ν : $E(\nu) = P(\nu)/\nu$, обратной температурой $\beta = \alpha_{\text{total}}$ и бозонной статистикой (моды независимы, разрешены наложения).

Теорема 10.1. Спектральная плотность мощности диссипативной системы с реинвестированием имеет вид:

$$p(\nu) = \frac{D(\nu) \cdot \varepsilon(\nu)}{e^{\alpha_{\text{total}} \varepsilon(\nu)/\nu} - 1} \quad (19)$$

где $D(\nu)$ — плотность состояний (число мод на интервал частоты), $\varepsilon(\nu)$ — энергия кванта на моде с частотой ν , α_{total} — обратная температура.

Доказательство. Среднее число квантов в моде с энергией E при обратной температуре β в бозонной статистике: $\langle n \rangle = 1/(e^{\beta E} - 1)$. Энергия в моде: $U = E\langle n \rangle$. Мощность: $P = \nu U = \nu E\langle n \rangle = \varepsilon(\nu)\langle n \rangle$, где $\varepsilon(\nu) = \nu E(\nu) = P(\nu)$ — мощность, соответствующая одному кванту на данной моде. Умножая на плотность состояний $D(\nu)$, получаем (19). \square

Частный случай: режим большого ресурса, малая консолидация. При $m \rightarrow \infty$, $k \rightarrow 0$: $\varepsilon(\nu) = \varepsilon_0 = \text{const}$, $D(\nu) = Am = \text{const}$.

$$p(\nu) = \frac{Am\varepsilon_0}{e^{\alpha_{\text{total}}\varepsilon_0/\nu} - 1} \quad (20)$$

Формула (20) является точным математическим изоморфизмом распределения Планка для равновесного излучения. Соответствие величин: $\varepsilon_0 \leftrightarrow h$ (постоянная Планка), $\nu \leftrightarrow \nu$ (частота), $1/\alpha_{\text{total}} \leftrightarrow k_B T$ (температура), $Am\varepsilon_0 \leftrightarrow 2h\nu^3/c^2$ (плотность состояний).

11 Приложение к биологическим системам: ДНК как диссипативная структура

11.1 Интерпретация параметров для ДНК

- m — накопленный ресурс: **целостность генома** (количество неповрежденной ДНК, степень сохранности последовательности, объем генетической информации).
- g — изменчивость: **мутационный потенциал** (скорость появления мутаций, конформационная гибкость ДНК, разнообразие аллелей в популяции).
- k — консолидация: **структурная жесткость** (степень упаковки в хроматин, прочность связей в спирали, ассоциация с ядерными белками).

Внешние параметры: v_0 — поступление нуклеотидов и АТФ; μ_s — критическое число двунитевых разрывов (апоптоз); μ_k — скорость спонтанных повреждений (депуринизация).

11.2 Эмпирические подтверждения

Исследование GROVER (Nature Machine Intelligence, 2024) подтвердило, что геномные последовательности следуют правилам, сходным с естественным языком. Авторы успешно применили byte-pair encoding (BPE) — технику из NLP — для токенизации человеческого генома и создания частотно-сбалансированного словаря из 601 токена [1].

Модель GENA-LM (2025) — DNA foundation model с 336 млн параметров — показала, что unsupervised метрики (RankMe, NESum, StableRank) свидетельствуют о высокораз-

мерной нерегулярной структуре embeddings, что соответствует высокой изменчивости g [2].

Gengram (2026) реализовал точный аналог обратной связи (теорема 2) — "динамический гейтинг где в кодирующих регионах гейт активирован (активное использование памяти), а в нефункциональных — подавлен (экономия вычислений). Результат: AUC в задачах распознавания сайтов сплайсинга вырос на 16.1% [3].

Концепция "нейронной ДНК" (nDNA, 2025) вводит семантико-генотипическую репрезентацию, захватывающую идентичность модели через геометрию скрытых пространств (спектральную кривизну, термодинамическую длину, поле векторов убеждений) [4].

BioReason (2025) интегрирует DNA foundation model с LLM для получения интерпретируемых биологических рассуждений: точность предсказания заболеваний по KEGG выросла с 86% до 98%, улучшение предсказания эффектов вариантов в среднем на 15% [5].

12 Приложение к технологическим системам: эволюция больших языковых моделей (LLM)

12.1 Интерпретация параметров для LLM

- m — накопленный ресурс: **объем параметров модели** и размер обучающего корпуса (в токенах).
- g — изменчивость: **креативность ("температура")**, способность решать разнообразные задачи без дообучения (few-shot learning).
- k — консолидация: **логическая строгость**, точность следования фактам (factual grounding), структурированность ответа.

Внешние параметры: v_0 — непрерывно поступающие новые тексты и запросы; μ_s — предел сложности данных, при котором модель начинает "галлюцинировать"; μ_k — вычислительная стоимость (FLOPs) на один проход.

12.2 Эмпирические подтверждения

RLHF и RLVR как реализация теоремы 2. Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF) и Reinforcement Learning with Verifiable Rewards (RLVR, 2025) удерживают g и k в рамках, не давая им упасть до нуля или взлететь до бесконечности [6].

Экспоненциальное ускорение (теорема 5). Согласно исследованию METR (2025), "модели удваивают свои возможности каждые 7 месяцев" [7]. Это прямое следствие $\tau_{n+1} \approx \tau_n/2$.

MMLU-Pro как мера консолидации. GPT-4 достигает $\approx 88.7\%$ на MMLU, но лишь $\approx 72.6\%$ на более сложном MMLU-Pro, что демонстрирует измеримость k [8].

13 Приложение к экономическим системам: распределение доходов и богатства

13.1 Интерпретация параметров

- m — накопленный капитал;
- g — инновационность, предпринимательская активность;
- k — институциональная жесткость, регулирование.

13.2 Распределение Парето как частный случай теоремы 6

Исследования Томаса Пикетти и Эммануэля Саэза (2015) показывают, что распределение доходов в верхнем хвосте подчиняется распределению Парето [9]:

$$S(x) = \left(\frac{x}{\sigma}\right)^{-\alpha}, \quad x \geq \sigma \quad (21)$$

Индекс Парето α для разных стран и периодов:

- США (2010-е): $\alpha \approx 1.5$ (высокое неравенство)
- Франция (2010-е): $\alpha \approx 1.8$ (умеренное неравенство)
- Скандинавские страны: $\alpha \approx 2.0 - 2.2$ (низкое неравенство)

В рамках теоремы 6 α играет роль обратной температуры: чем меньше α , тем "тяжелее" хвост распределения и тем больше доля богатства концентрируется у сверхбогатых.

14 Приложение к социальным системам: правило Ципфа и закон Лотки

14.1 Правило Ципфа для городов

Закон Ципфа (ранг-размер) утверждает, что размер города обратно пропорционален его рангу [10]:

$$\text{Размер} \propto \text{Ранг}^{-\zeta}, \quad \zeta \approx 1 \quad (22)$$

14.2 Закон Лотки для научной продуктивности

Альфред Лотка (1926) обнаружил, что число ученых, опубликовавших n статей, обратно пропорционально n^2 [11]:

$$f(n) \propto n^{-2} \quad (23)$$

Это еще один пример степенного распределения, являющегося частным случаем формулы (19).

15 Сравнительный анализ и универсальность модели

Таблица 1: Интерпретация параметров модели в различных системах

Система	Ресурс t	Изменчивость g	Консолидация k
Физическая (стик-слип)	Масса	Изменчивость	Жесткость
Биологическая (ДНК)	Целостность генома	Мутационный потенциал, конформационная гибкость, разнообразие аллелей	Структурная жесткость, степень упаковки в хроматин, ассоциация с гистонами
Технологическая (LLM)	Объем параметров, размер обучающего корпуса	Креативность ("температура"), способность к few-shot learning, широта решаемых задач	Логическая строгость, factual grounding, структурированность ответа, точность следования инструкциям
Экономическая	Накопленный капитал	Инновационность, предпринимательская активность, скорость внедрения новых технологий	Институциональная жесткость, нормативная база, барьеры входа, сила патентной защиты
Социальная	Численность населения	Культурное разнообразие, языковая вариативность, социальная мобильность	Социальные нормы, традиции, правовые институты, уровень доверия в обществе

16 Заключение

16.1 Научные результаты

- Установлен изоморфизм стик-слип осциллятора и универсальной модели диссипативного метаболизма.
- Получена замкнутая система уравнений динамики t , g , k (10).

Таблица 2: Эмпирические подтверждения теорем

Теорема	Подтверждение	Источник
Теорема 2 (обратная связь)	Gengram: +16.1% AUC	[3]
Теорема 5 (каскад взрывов)	Удвоение возможностей LLM за 7 месяцев	[7]
Теорема 6 (спектр Планка)	Распределение Парето, Ципфа, Лотки	[9–11]
Теорема 6 (спектр Планка)	Распределение токенов в GROVER	[1]

- Введено понятие кванта метаболической мощности P .
- Доказана теорема 1 о неизбежной гибели при фиксированных α .
- Доказана теорема 2 о критерии выживания через отрицательную обратную связь (12).
- Доказана теорема 3 о пороге необратимости (14).
- Построена типология режимов на основе квантовой статистики.
- Доказана теорема 4 о необходимости фазовых переходов.
- Доказана теорема 5 о каскаде эволюционных взрывов и его экспоненциальном ускорении.
- Доказана теорема 6 о спектральной плотности мощности; установлен математический изоморфизм с формулой Планка (20).
- Проведен сравнительный анализ приложений теории к ДНК, LLM, экономике и социологии с опорой на актуальные данные 2024–2026 годов.

16.2 Мировоззренческие следствия

- **Диссипация — ресурс, а не потеря.** Энергия, рассеиваемая системой, есть источник её развития при правильном реинвестировании.
- **Фиксированные стратегии смертельны.** Любая система, следующая жестким правилам без адаптации, обречена.
- **Выживание есть гомеостаз.** Поддержание g и k в определённых пределах — единственный способ долговременного существования.

- **Порог необратимости измерим.** Существует критическая доля деградировавших элементов, после которой коллапс неизбежен.
- **Ни креативность без порядка, ни порядок без креативности.** Баланс g и k необходим.
- **Взрыв порождает взрыв.** Каждый эволюционный скачок создаёт условия для следующего, ускоряя прогресс.
- **Квант мощности определяет темп эволюции.** Скорость развития системы задаётся величиной доступной мощности.
- **Спектр диссипативной системы подчиняется статистике Бозе-Эйнштейна.** Это указывает на глубинное единство термодинамики, теории информации и сложных систем.

Благодарности

Автор выражает благодарность исследовательским группам, разработавшим GROVER, GENA-LM, Gengram, nDNA, BioReason, чьи работы предоставили эмпирическую базу для данной теории.

Финансирование

Исследование выполнено без внешнего финансирования.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- [1] Sanabria, M., Hirsch, P., Poetsch, A.R. *et al.* DNA language model GROVER learns sequence context in the human genome. *Nature Machine Intelligence*, 2024.
- [2] Fishman, V., Kuratov, Y., Shmelev, A. *et al.* GENA-LM: A Family of Open-Source Foundational DNA Language Models. *bioRxiv*, 2025.
- [3] Gengram: Dynamic Gating for Efficient Genomic Processing. Препринт, 2026.
- [4] nDNA — the Semantic Helix of Artificial Cognition. *arXiv*, 2025.
- [5] BioReason: Interpretable AI for Biological Reasoning. Препринт, 2025.

- [6] Reinforcement Learning with Verifiable Rewards. Технический отчет, 2025.
- [7] METR: Measuring AI Capability Growth. Исследовательский отчет, 2025.
- [8] MMLU-Pro: A More Challenging Benchmark for Language Models. *arXiv*, 2024.
- [9] Piketty, T., Saez, E. Inequality in the long run. *Science*, 2015.
- [10] Zipf, G.K. Human Behavior and the Principle of Least Effort. Addison-Wesley, 1949.
- [11] Lotka, A.J. The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 1926.
- [12] Кондратьев, Н.Д. Большие циклы конъюнктуры. *Вопросы конъюнктуры*, 1925.
- [13] Ларин, В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. М.: Недра, 1980.
- [14] Kuhn, T.S. The Structure of Scientific Revolutions. University of Chicago Press, 1962.
- [15] Nicolis, G., Prigogine, I. Self-Organization in Nonequilibrium Systems. Wiley, 1977.
- [16] Planck, M. On the Law of Distribution of Energy in the Normal Spectrum. *Annalen der Physik*, 1901.
- [17] Schrödinger, E. What Is Life? Cambridge University Press, 1944.