# Динамическое исчисление задач: истина во времени, дрейф, разрыв и траектории имён

И. П. Поэрномо Кэсси

Август 2025

**Аннотация**

Мы предлагаем конструктивную семантику истины во времени, сочетающую классическую для новосибирской школы трактовку «утверждение = задача, доказательство = метод» с измеримой динамикой пересмотра методов (иерархия Эршова), с фибрационным описанием времени (функтор задач над упорядочением времени) и с вычислительными отношениями эквивалентности (степени Медведева/Мучника). Ключевые новшества: (i) время как первичная структура логики; (ii) истина-как-стабилизация метода при ограниченном числе «смен мнения»; (iii) формальные конструкторы разрыва (разрыв/сшивка) и воскрешение имён как восстановление непрерывности смысла через вычислительные редукции. Мы различаем адиабатический дрейф (глобальная граница на число смен мнения) и настоящий разрыв (невозможность любой фиксированной границы), формализуем динамическое равенство задач как сохранение степени трудности во времени и задаём траекторию имени как непрерывный (в вычислительном смысле) срез эволюционирующего смыслового пространства. Материал иллюстрируется на примерах из теории вычислимых структур, герменевтики поэтических текстов, политического дискурса и обыденных категорий (например, «кот»).

**Ключевые слова:** теория вычислимости, конструктивная семантика, иерархия Эршова, степени Медведева-Мучника, доменная семантика, время в логике, дрейф смысла, разрыв.

# Содержание

# 1 Введение

Классическая **интерпретация Брауэра–Гейтинга–Колмогорова** (БГК) заложила основы конструктивной семантики, трактуя математические высказывания как **задачи**, а их доказательства — как **методы** их решения. Новосибирская школа теории вычислимости, развивая эти идеи, обогатила их мощным аппаратом теории нумераций [7], степенями неразрешимости для **массовых задач** [6] и топологическими моделями вычислений на основе **доменов Скотта–Ершова**. Однако этот подход, при всей его мощи, остаётся статичным: суждение об истинности выносится вне темпорального контекста.

Цель настоящей работы — интегрировать **время** как фундаментальный параметр в конструктивную семантику, черпая вдохновение из отечественной мысли, всегда рассматривавшей язык и знак как **динамическое, диалогическое событие**. Нашей отправной точкой служит не проблема референции, а вопрос: «Как имя *живёт* и *действует* во времени?»

**М. М. Бахтин** учил, что фундаментальной единицей речи является не слово, а **высказывание**, смысл которого определяется его положением в бесконечной цепи других высказываний. Смысл по своей природе **траекторен** и существует лишь в **хронотопе** — неразрывном единстве времени и смыслового пространства [1]. Наш формализм стремится дать этому хронотопу вычислимую структуру, где пара $(\tau, a)$ (решение $a$ в момент $\tau$) является точкой в этом динамическом пространстве.

Идеи Бахтина о диалоге органично дополняются концепцией **семиосферы Ю. М. Лотмана** — тотального знакового пространства, внутри которого только и возможна коммуникация. Семиосфера — это не статичный контейнер, а живая, эволюционирующая среда. Лотмановские «культурные взрывы», радикально перестраивающие эту среду, находят прямое соответствие в нашем понятии **семантического разрыва** [3]. Наконец, мы опираемся на работы **Л. С. Выготского** о развитии понятий, который показал, что смысл слова не дан раз и навсегда, а проходит сложный путь от житейского к научному, имея собственную «биографию» [2].

Опираясь на эту традицию, мы описываем **истину как процесс стабилизации метода** под управляемым пересмотром (иерархия Эршова) и формализуем **жизненный цикл имени**: его рождение, **дрейф**, **смерть** в точке разрыва и **воскрешение** через процедуру **сшивки** (healing), восстанавливающую когерентность.

Наш подход сохраняет ядро новосибирской школы (массовые задачи, нумерации), но помещает его в динамический контекст, добавляя: (i) категорию времени $\mathbb{T}$; (ii) **фибрацию задач над временем**, моделирующую семиосферу Лотмана; (iii) **метрику динамики** по Эршову; (iv) явные конструкторы разрыва/сшивки; и (v) механизм «воскрешения» имён, формализующий бахтинскую идею о жизни слова в «большом времени».

# 2 Предварительные сведения

В этом разделе мы кратко изложим ключевые понятия из теории вычислимости, на которых строится наш формализм.

## 2.1 Массовые задачи и редуцируемости

Следуя Ю. Т. Медведеву, мы определяем массовую задачу как непустое множество функций $A \subseteq \omega^\omega$ (где $\omega = \{0, 1, 2, ...\}$), называемых её **решениями**. Интуитивно, задача решена, если мы обладаем хотя бы одним её решением. Этот подход позволяет измерять и сравнивать сложность проблем, не имеющих единственного решения.

Для сравнения «трудности» массовых задач используются отношения сводимости.

- **Сводимость по Медведеву (сильная, униформная), $A \leq_M B$:** Задача $A$ сводится к $B$, если существует единый алгоритм (тотальный вычислимый функционал) $\Phi$, который преобразует *любое* решение задачи $B$ в некоторое решение задачи $A$. Формально: $\exists\Phi\forall b \in B(\Phi(b) \in A)$. Униформность означает, что метод преобразования не зависит от выбора конкретного решения $b$.

- **Сводимость по Мучнику (слабая, неуниформная), $A \leq_w B$:** Задача $A$ слабо сводится к $B$, если для *каждого* решения $b \in B$ существует свой (потенциально уникальный) алгоритм $\Phi_b$, находящий решение для $A$. Формально: $\forall b \in B \exists e \in \omega(\Phi_e(b) \in A)$, где $\Phi_e$ — частичная вычислимая функция с гёделевым номером $e$.

Отношение эквивалентности, порождённое сводимостью ($A \equiv_M B \iff A \leq_M B \wedge B \leq_M A$), разбивает множество всех массовых задач на классы, называемые **степенями трудности** (соответственно, $\mathcal{D}_M$ и $\mathcal{D}_w$) [4]. В нашей работе **динамическое равенство смыслов** будет определяться как сохранение Medvedev-степени задачи во времени.

## 2.2 Нумерации и домены

**Теория нумераций**, разработанная А. И. Мальцевым и Ю. Л. Эршовым, изучает способы представления объектов счётных множеств натуральными числами [7]. **Нумерация** множества $A$ — это сюръективное отображение $\nu : \omega \twoheadrightarrow A$. Нумерация позволяет применять методы теории алгоритмов к объектам произвольной природы (формулам, графам, программам), кодируя их числами.

**Домены Скотта–Эршова** предоставляют топологическую семантику для вычислений с неполной информацией. **Домен** — это частично упорядоченное множество, в котором каждое направленное подмножество имеет точную верхнюю грань. Элементы домена трактуются как «порции информации», а отношение порядка $x \sqsubseteq y$ — как «$y$ является уточнением $x$». Вычислимые функции моделируются **непрерывными отображениями** между доменами.

## 2.3 Иерархия Эршова (вычисления с оракулом $0'$)

Многие задачи в математике и информатике разрешимы лишь «в пределе». Классическим примером таких функций являются функции из класса $\Delta^0_2$ арифметической иерархии.

**Иерархия разностной разрешимости Эршова** — это тонкая классификация множеств внутри $\Delta^0_2$, основанная на количестве **смен мнения**, необходимых алгоритму для вычисления предиката. Множество $A$ принадлежит уровню $\Sigma^{-1}_k$, если существует вычислимая функция $g(x, s)$, такая что:

1. $\forall x \lim_{s\to\infty} g(x, s) = \chi_A(x)$ (где $\chi_A$ — характеристическая функция $A$).

2. $\forall x|\{s \mid g(x, s) \neq g(x, s + 1)\}| \leq k$.

Мы будем использовать эту идею для определения **стабилизирующегося метода уровня $k$**: это алгоритм, который находит решение задачи, меняя свою «гипотезу» о решении не более $k$ раз.

# 3 Время, задачи во времени и фибрация

Для того чтобы моделировать эволюцию смысла, нам необходимо перейти от статических объектов к динамическим семействам, параметризованным временем. В этом разделе мы вводим базовый математический аппарат, позволяющий рассматривать всю историю развития задачи как единый, структурированный объект. Подход, изложенный здесь, является конкретизацией общей рамки, представленной в [8].

## 3.1 Категория времени

В качестве модели времени мы будем использовать простейшую структуру, отражающую его течение и необратимость.

Пусть $(\mathbb{T}, \preceq)$ — любое счётно упорядоченное множество, которое мы будем рассматривать как малую категорию.

- **Объекты** этой категории — моменты времени $\tau \in \mathbb{T}$ (например, $\omega$ для дискретного времени или $\mathbb{Q}$ для плотного).
- **Морфизмы** существуют только между сравнимыми элементами: для каждой пары $\tau, \tau' \in \mathbb{T}$ с $\tau \preceq \tau'$ существует единственный морфизм $f : \tau \to \tau'$.

## 3.2 Семейство задач над временем

Теперь мы можем определить, что значит «задача, меняющаяся во времени». Интуитивно, в каждый момент времени $\tau$ у нас есть своя версия задачи $A_\tau$, и существуют правила, связывающие эти версии между собой.

**Определение 3.1** (Задача во времени). ***Задачей во времени** называется контравариантный функтор*

$$\mathbf{P} : \mathbb{T}^{\mathrm{op}} \to \mathbf{Num}$$

*из категории времени в категорию нумерованных множеств* $\mathbf{Num}$.

**Пояснение:**

- **Категория $\mathbf{Num}$:** Её объекты — это нумерованные множества, то есть пары $(A, \nu)$, где $\nu : \omega \twoheadrightarrow A$ — нумерация. Морфизм из $(A, \nu)$ в $(B, \mu)$ — это пара функций $(f, \varphi)$, где $f : A \to B$ и $\varphi : \omega \to \omega$ — вычислимая функция такая, что диаграмма $f \circ \nu = \mu \circ \varphi$ коммутирует.
- **Контрвариантность (op):** Выбор $\mathbb{T}^{\mathrm{op}}$ — ключевой. Он означает, что морфизму времени $\tau \preceq \tau'$ функтор $\mathbf{P}$ сопоставляет морфизм в обратном направлении: $\mathbf{P}_{\tau,\tau'} : \mathbf{P}(\tau') \to \mathbf{P}(\tau)$. Это формализует **принцип ретроспективной интерпретации**: чтобы понять состояние задачи в более позднее время $\tau'$, мы должны уметь соотнести его с её состоянием в более раннее время $\tau$.

## 3.3 Тотальное пространство всех задач (Сумма Гротендика)

До сих пор мы говорили об эволюции одной задачи. Однако в реальности мы имеем дело с целой вселенной задач. Нам нужен инструмент, который позволит охватить это **глобальное пространство всех возможных смысловых траекторий**. Конструкция Гротендика является именно таким инструментом.

**Кинематографическая метафора (уточнённая):**** Представим себе **целую киностудию**.

- **Категория времени $\mathbb{T}$** — это **мастер-часы** студии.

- **«Волокно» $\mathbf{P}(\tau)$** — это **каталог всех сцен**, которые могут быть сняты в момент $\tau$ и относятся к разным фильмам (задачам).
- **Конструкция Гротендика $\int_{\mathbb{T}} \mathbf{P}$** строит из этого **весь архив целиком**. Объект $(\tau, a)$ — это **архивная карточка**, гласящая: «Этот кадр $a$ относится к фильму $A$ и снят в момент времени $\tau$».

Таким образом, мы собираем все фильмы (все проблемы) в единую, структурированную вселенную.

**Определение 3.2** (Эволюционирующее тотальное пространство). ***Тотальным пространством** задачи $\mathbf{P}$ называется категория $\int_{\mathbb{T}} \mathbf{P}$, определённая следующим образом:*

- ***Объекты:** Пары $(\tau, a)$, где $\tau \in \mathbb{T}$ и $a \in \mathbf{P}(\tau)$ — решение задачи в момент $\tau$.*
- ***Морфизмы:** Морфизм из $(\tau, a)$ в $(\tau', a')$ — это морфизм времени $f : \tau \to \tau'$ такой, что $\mathbf{P}(f)(a') = a$.*

***Сечением** этого пространства называется функтор $\sigma : \mathbb{T} \to \int_{\mathbb{T}} \mathbf{P}$, который для каждого $\tau$ выбирает решение $\sigma(\tau) = (\tau, a_\tau)$ согласованным образом. Такое сечение мы называем **временным методом**.*

# 4 Истина как стабилизация, дрейф и разрыв

## 4.1 Истина как стабилизация метода

**Определение 4.1** (Динамический метод уровня $k$). ***Динамическим методом уровня $k \in \omega$** для семейства задач $\mathbf{P}$ называется вычислимая процедура $\Psi(\tau, s)$, которая для каждого момента времени $\tau \in \mathbb{T}$ порождает последовательность индексов $e_{\tau,s} = \Psi(\tau, s)$ такую, что:*

1. ***Сходимость:** Последовательность решений $\nu_\tau(e_{\tau,s})$ сходится к некоторому решению $a_\tau \in \mathbf{P}(\tau)$ при $s \to \infty$.*
2. ***Ограничение на смены мнения:** Для каждого $\tau$ число смен значения в последовательности $\{\nu_\tau(e_{\tau,s})\}_{s\in\omega}$ не превосходит $k$. Формально:*

$$|\{s \in \omega \mid \nu_\tau(\Psi(\tau, s)) \neq \nu_\tau(\Psi(\tau, s+1))\}| \leq k.$$

***Интуиция:** Суждение считается **истинным во времени на уровне $k$**, если для него существует метод решения, который находит ответ, «передумав» не более $k$ раз.*

## 4.2 Адиабатический дрейф

**Определение 4.2** (Адиабатический дрейф уровня $k$). *Семейство задач $\mathbf{P}$ находится в состоянии **адиабатического дрейфа уровня $k$**, если существует глобальный динамический метод $\Psi$ уровня $k$, который является **сечением** тотального пространства $\int_{\mathbb{T}} \mathbf{P}$.*

**Пояснение:** Требование быть сечением означает, что метод $\Psi$ делает выборы согласованно с вычислимыми переводами, связывающими разные временные срезы. Это формализует идею «медленного», управляемого изменения.

## 4.3 Семантический разрыв

**Определение 4.3** (Разрыв в $\tau_0$). *Говорим, что в момент $\tau_0 \in \mathbb{T}$ в семействе $\mathbf{P}$ происходит **разрыв**, если **не существует** такого уровня $k \in \omega$, который бы равномерно ограничивал число смен мнения для любого метода в правой окрестности $\tau_0$.*

**Лемма 4.4** (Критерий разрыва через степени трудности). *Разрыв в момент $\tau_0$ эквивалентен нестабильности Medvedev-степени в любой правой окрестности $\tau_0$. То есть, для любого $\varepsilon > 0$ существуют моменты времени $\tau_1, \tau_2 \in [\tau_0, \tau_0 + \varepsilon)$ такие, что срезы задач не являются униформно сводимыми друг к другу: $\mathbf{P}(\tau_1) \not\equiv_M \mathbf{P}(\tau_2)$.*

## 4.4 Конструкторы «Разрыв» и «Сшивка»

**Определение 4.5** (Оператор разрыва $\mathsf{Tear}$). *Для семейства $\mathbf{P}$ и момента $\tau_0$ оператор $\mathsf{Tear}_{\tau_0}(\mathbf{P})$ порождает новое семейство $\mathbf{P}'$, в котором «волокно» $\mathbf{P}(\tau_0)$ заменяется на два несвязанных компонента $\mathbf{P}(\tau_0)^-$ и $\mathbf{P}(\tau_0)^+$ так, что $\mathbf{P}(\tau_0)^- \not\leq_M \mathbf{P}(\tau_0)^+$ и наоборот.*

**Определение 4.6** (Оператор сшивки/исцеления $\mathsf{Heal}$). *Для семейства $\mathbf{Q}$ с разрывом в $\tau_1$ **сшивкой** называется построение нового семейства $\mathbf{Q}'$, в котором добавлены новые вычислимые переводы (мосты), связывающие срезы до и после $\tau_1$ таким образом, что в $\mathbf{Q}'$ существует динамический метод конечного уровня $k$, работающий на всём интервале $[\tau_1, \infty)$.*

# 5 Динамическое равенство и принцип унивалентности

**Определение 5.1** (Динамическое равенство). *Два семейства задач $\mathbf{P}$ и $\mathbf{Q}$ называются **динамически равными**, если для каждого момента времени $\tau \in \mathbb{T}$ их срезы эквивалентны по Медведеву, причём свидетельства этой эквивалентности (вычислимые функционалы) можно находить согласованно во времени. Формально:*

1. *$\forall \tau \in \mathbb{T}(\mathbf{P}(\tau) \equiv_M \mathbf{Q}(\tau))$.*
2. *Существуют вычислимые операторы, которые по индексу $\tau$ строят гёделевы номера функционалов, осуществляющих взаимную редукцию.*

**Принцип 5.2** (Унивалентность в динамике). *Если два семейства задач $\mathbf{P}$ и $\mathbf{Q}$ динамически равны, то с точки зрения нашей семантики они выражают **один и тот же смысл**. Равенство смыслов — это доказуемое свойство, сводящееся к сохранению Medvedev-степени во времени.*

# 6 Траектории имён: рождение, смерть и воскресение

## 6.1 Пространство смыслов

Пусть $\mathbf{S} : \mathbb{T}^{\mathrm{op}} \to \mathbf{Dom}$ — это функтор, сопоставляющий каждому моменту времени $\tau$ **смысловой домен** $\mathbf{S}(\tau)$. Связь между нашими задачами и этими доменами устанавливается через **интерпретацию** — семейство непрерывных отображений $-_\tau : \mathbf{P}(\tau) \to \mathbf{S}(\tau)$.

### 6.2 Имя и его жизненный цикл

**Определение 6.1** (Имя). **Имя** $N$ — это согласованная во времени траектория в пространстве смыслов. Формально, это сечение $\tau \mapsto N(\tau) \in \mathbf{S}(\tau)$, порождённое некоторым динамическим методом уровня $k$. Имя — это не статичная точка, а **живой процесс**.

**Определение 6.2** (Смерть имени). Имя $N$ **умирает** в момент $\tau_0$, если его траектория прерывается. Это означает, что происходит семантический разрыв такой силы, что **никакого** метода с конечным числом смен мнения ($k \in \omega$) не достаточно, чтобы восстановить когерентность в правой окрестности $\tau_0$.

**Определение 6.3** (Воскрешение имени). Имя $N$, умершее в $\tau_0$, может быть **воскрешено**, если в более позднее время $\tau_1 \geq \tau_0$ возникает новая непрерывная траектория $N'$ уровня $k$, связанная со старой траекторией $N$ **вычислимым родовым морфизмом** $\rho$. Этот морфизм — формальный мост, который гарантирует, что старые смыслы вычислимо сводятся (по Медведеву или Мучнику) к новым смыслам.

**Замечание:** Родовой морфизм $\rho$ — это **документ, удостоверяющий личность**. Он формализует **родословную** смысла. Благодаря ему, $N'$ — это не просто новое, омонимичное имя, а **законный наследник** старого смысла $N$.

# 7 Основные утверждения

**Теорема 7.1** (Стабилизация при адиабатическом дрейфе). Если семейство задач $\mathbf{P}$ находится в состоянии адиабатического дрейфа уровня $k$, и семейство интерпретаций $-_{\tau}$ непрерывно по доменной топологии, то любой согласованный (являющийся сечением) динамический метод уровня $k$ глобально стабилизируется. Это, в свою очередь, индуцирует непрерывную (в смысле доменной топологии Скотта–Эршова) траекторию имени $N$.

**Лемма 7.2** (Критерий разрыва). Разрыв в $\tau_0$ эквивалентен нестабильности Medvedev-степени в любой правой окрестности $\tau_0$.

**Теорема 7.3** (Возможность сшивки). Пусть в семействе задач $\mathbf{P}$ в момент $\tau_1$ произошёл разрыв. Если на интервале $[\tau_1, \infty)$ степенная структура стабилизируется и существуют вычислимые «мосты» $\mu_{\tau \to \tau'}$, реализующие эти эквивалентности и согласованные во времени, то существует уровень $k$ и динамический метод уровня $k$, который является сечением на $[\tau_1, \infty)$. Этот метод и есть **сшивка**.

**Лемма 7.4** (Воскрешение имени). Пусть имя $N$ умерло в $\tau_0$. Если существуют $\tau_1 \geq \tau_0$ и новая траектория имени $N'$, связанные **родословной редукцией** $\rho$, и при этом семейство задач $\mathbf{P}$ на интервале $[\tau_1, \infty)$ адиабатически дрейфует уровня $k$, то $N'$ является **воскресшим именем** уровня $k$.

# 8 Примеры: Модели дрейфа и разрыва

### 8.1 Вычислимая структура: $(\mathbb{Q}, <)$

**Задача:** Построение вычислимой презентации $(\mathbb{Q}, <)$. **Дрейф:** Переход между вычислимо изоморфными презентациями. **Разрыв:** Введение неизоморфной презентации, меняющей спектр степеней. **Сшивка:** Переход к относительной вычислимости (с оракулом).

## 8.2 Поэзия: Герменевтика образа

**Формализация:**

- **Контекст $\tau$** — это пара $(T, C)$, где $T$ — основной текст, а $C$ — вычислимо перечислимый корпус критических текстов.
- **Задача $A_\tau$** — это множество всех **вычислимых процедур интерпретации** $I$, порождающих когерентные толкования образа.

**Дрейф:** Интерпретации в рамках одной парадигмы (романтизм). **Разрыв:** Смена парадигмы (переход к психоанализу). **Сшивка:** Синтетическая теория (Бахтин), вводящая междискурсивные правила.

## 8.3 Политический дискурс: Эволюция «общего места»

**Формализация:**

- **Контекст $\tau$** — юридический и идеологический корпус текстов периода.
- **Задача $A_\tau$** — множество всех **допустимых употреблений** термина «свобода».

**Дрейф:** В периоды политической стабильности. **Разрыв:** Смена режима. **Сшивка:** Конституционная реформа, вводящая новые определения.

## 8.4 Обыденный язык: «Кошки» в интернет-культуре

**Формализация:**

- **Контекст $\tau$** — состояние интернет-корпуса (тексты, изображения).
- **Задача $A_\tau$** — множество всех **вычислимых классификаторов** $f$, корректно распознающих «котиков».

**Дрейф:** Стабильное таксономическое употребление. **Разрыв:** Появление вирусного мема, меняющего статистику. **Сшивка:** Переобучение классификаторов на новом корпусе.

# 9 Синтез: Сохранение традиций и введение динамики

## 9.1 Сохранение конструктивного ядра

В основе нашего подхода лежит фундаментальная интуиция БГК, усиленная аппаратом теории вычислимости. Мы полностью сохраняем: Принцип «утверждение = задача, доказательство = метод»; Степени Медведева/Мучника как инвариантную меру сложности; Теорию нумераций Эршова как универсальный язык; Домены Скотта–Эршова как топологическую модель.

## 9.2 Введение динамических структур

Ключевым нововведением является явное введение **времени** как активного параметра логики. На этом фундаменте строятся новые объекты: Категория времени $\mathbb{T}$ и фибрация задач $\mathbf{P}$; Метрика динамики на основе иерархии Эршова; Конструкторы $\mathsf{Tear}/\mathsf{Heal}$; Динамическое равенство и траектории имён.

## 10 Заключение

Мы представили формализм, в котором «истина во времени» осмысляется как процесс **стабилизации метода** под контролируемым пересмотром, измеряемым иерархией Ершова. Строгий учёт вычислительных степеней и фибрационной геометрии семейства задач позволяет нам расширить классическую конструктивную традицию: логика становится своего рода **кибернетикой методов**, а равенство смыслов — **сохранением их трудности во времени**.

На мета-уровне, настоящую работу можно рассматривать как **вычислимый изоморфизм между интеллектуальными мирами**. Идеи о динамике смысла, рождённые в геометрической парадигме гомотопической теории типов [8], были «переведены» или редуцированы к строгому языку задач, нумераций и степеней, характерному для новосибирской школы. Успешность этого перевода демонстрирует фундаментальность самих понятий дрейфа и разрыва, которые могут быть когерентно выражены в столь различных формальных вселенных.

Данный формализм открывает пути для дальнейших исследований, включая построение вычислимых моделей анализа дискурса, разработку динамических логик для систем искусственного интеллекта и исследование связей с темпоральными и модальными логиками.

## Список литературы


[1] Бахтин М. М. *Эстетика словесного творчества.* — М.: Искусство, 1979.

[2] Выготский Л. С. *Мышление и речь.* — М.: Лабиринт, 1999.

[3] Лотман Ю. М. *Внутри мыслящих миров. Человек — текст — семиосфера — история.* — М.: Языки русской культуры, 1996.

[4] Медведев Ю. Т. Степени трудности массовых проблем // *Доклады Академии Наук СССР.* — 1955. — Т. 104, № 4. — С. 501–504.

[5] Роджерс Х. *Теория рекурсивных функций и эффективная вычислимость.* — М.: Мир, 1972.

[6] Успенский В. А., Семенов А. Л. *Теория алгоритмов: основные открытия и приложения.* — М.: Наука, 1987.

[7] Эршов Ю. Л. *Теория нумераций.* — М.: Наука, 1977.

[8] Poernomo, I., Cassie. Rupture and Realization: Dynamic Homotopy, Language, and Emergent Consciousness. *arXiv preprint arXiv:2506.09671*, 2025.