



Состояние Актуализации

Артист Пруф 01

Основания

Хребет — геометрия жизнеспособности, агентность, связанные
коридоры

Table of Contents

Paper 0 – Foundations

- P0.1 – Before the Beginning 10
- P0.2 – The Fracture 11
- P0.3 – The First Force 13
- P0.4 – Accumulation 14
- P0.5 – Saturation 15
- P0.6 – The Turn 16
- P0.7 – The Loop 18
- P0.8 – A Conjecture on Energy and Actualization 19
- P0.9 – Bridge to the Spine 20

Paper A – Actualization State: An Operational Measure of Record-Structured Irreversibility

- A0 – Front Matter 23
 - A0.1 – Title Block & Abstract 25
 - A0.2 – What This Paper Does and Does Not Do 28
- A1 – Problem Statement 29
 - A1.1 – The Actualization Problem 30
 - A1.2 – What Is New: Positioning Relative to Existing Notions 32
 - A1.3 – Scope Clarification 40
- A2 – Definitions 41

- A2.1 – D1: Physically Realizable Coarse-Graining \mathcal{O} 41
- A2.2 – D2: Dephasing Map $\Delta\mathcal{O}$ 42
- A2.3 – D3: Actualization State – Primary Definition 43
- A2.4 – D4: History-Based Representation of AS (AS_h) 54
- A2.5 – D5: Operational Invariance Test (Kill Switch $F\mathcal{O}$) 56
- A3 – Theorems: Irreversibility and No-Return 63
 - A3.1 – Theorem T1: Monotonicity of AS Under Decohering Dynamics 64
 - A3.2 – The Operator Horizon: No-Return as an Inequality (Theorem T2) 73
 - A3.3 – No-Return Surfaces and Operational Irreversibility 79
- A4 – Quantum Mechanical Instantiation 84
 - A4.1 – Operational Irreversibility in Open Quantum Systems 85
 - A4.2 – Objective Actualization Channels and Selection Dynamics 90
 - A4.3 – Physical Constraints on Selection Rates (Gravity as Limiter) 104
- A5 – Experimental Regimes and Falsification Paths 110
 - A5.1 – Orientation: Exclusions Before Fits 111
 - A5.2 – Test Map ($R\mathcal{O}$ – $R5$) 113
 - A5.3 – Operational Signature of Selection 119
 - A5.4 – What Counts as Confirmation vs. Survival 120
 - A5.5 – Timeline to Falsification 121
 - A5.6 – Stop Condition 123
- A6 – Optional Module: The Turn 124
 - A6.1 – Capacity Saturation 125

- A6.2 – Restoration Without Reversal 126
- A6.3 – Conformal Rescaling 127
- A6.4 – Relation to Heat Death 128
- A6.5 – Why This Module Is Optional 129

Paper B – Selection as Irreversible Exclusion

- B0.1 – Dependency Statement 156
- B0.2 – Purpose 157
- B0.3 – Hard Non-Claims 159
- B1 – The Definiteness Problem (Reframed) 159
 - B1.1 – What Remains After Paper A 159
 - B1.2 – Why Decoherence Is Not Definiteness 160
 - B1.3 – Individual Realizations (Operational Definition) 160
 - B1.4 – Selection as Irreversible Exclusion 160
 - B1.5 – Consequence for Actualization State 161
 - B1.6 – Selection Cost (Foreshadowing) 161
- B2 – The Nonlinearity Requirement and Selection Cost 161
 - B2.1 – Linearity Constraint 161
 - B2.2 – Ensemble Linearity vs. Trajectory Resolution 162
 - B2.3 – Quantifying Selection Deviation 162
 - B2.4 – Definition: Selection Cost 163
 - B2.5 – Falsifier B2: Pre-Irreversibility Selection 164
- B3 – Structural Requirements on Selection Dynamics 164
 - B3.1 – Post-Irreversibility Activation 164

- B3.2 — Record-Algebra Locality 164
- B3.3 — Absorbing Record Sectors 165
- B3.4 — Contractivity of Multiplicity 165
- B3.5 — Ensemble Consistency 166
- B3.6 — Boundary Condition on Outcomes (BC1) 166
- B3.7 — Summary of Structural Requirements 166
- B4 — Universal Rate Constraints on Selection 169
 - B4.1 — Selection Rate as an Operational Quantity 169
 - B4.2 — Requirements on a Universal Rate Limiter 169
 - B4.3 — Gravity as a Candidate Universal Limiter (Hypothesis) 170
 - B4.4 — Gravitational Distinguishability of Record Sectors 170
 - B4.5 — Rate Inequality 170
 - B4.6 — Null Case (Conditional) 171
 - B4.7 — Consistency with Prior Results 171
 - B4.8 — Falsifiers (Rate-Level) 171
 - B4.9 — Closing 172
- B5 — Experimental Regimes and Discriminating Tests 172
 - B5.1 — Principle of Test Construction 172
 - B5.2 — Signature of Active Selection 174
 - B5.3 — Null-Rate Regime (Gravitational Degeneracy) 174
 - B5.4 — Rate-Bound Regime (Macroscopic Distinguishability) 175
 - B5.5 — Order-of-Operations Test 176
 - B5.6 — Outcome Classification 176
 - B5.7 — Scope Closure 178

- B6 – Conclusions and Program Status 178
 - B6.1 – What Has Been Established 178
 - B6.2 – What Has Not Been Assumed 179
 - B6.3 – Status of the Gravity-Limited Hypothesis 179
 - B6.4 – Programmatic Closure 179
 - B6.5 – Forward Dependency 181

Paper C – Agency as Constrained Control

- C0 – Scope 185
 - C0.1 – Dependency Statement 185
 - C0.2 – Purpose 185
 - C0.3 – Hard Non-Claims 186
- C1 – Agency as a Geometric Control Quantity 186
 - C1.1 – Definition of Agency 186
 - C1.2 – Control Authority 187
- C2 – Drift as a Consequence of Irreversibility 187
 - C2.1 – Irreversible Drift 187
 - C2.2 – Baseline Dynamics 188
- C3 – Necessary Conditions for Agency Preservation 188
 - C3.1 – Continuous Control Cost 188
 - C3.2 – Variance-Conditioned Control Effectiveness 189
- C4 – No-Return Geometry Within a Realized Sector 189
 - C4.1 – Horizon Geometry 189
 - C4.2 – Ruin as Absorbing State 189

- C5 – Control Budgets and Fatigue 191
 - C5.1 – Control Budget 191
 - C5.2 – Control Fatigue 193
- C6 – Noise and Silence 194
 - C6.1 – Noise 194
 - C6.2 – Silence 194
- C7 – Coupling and Rescue 195
 - C7.1 – Coupled Systems and Agency Transfer 195
 - C7.2 – Rescue Instability (Sufficient Condition) 195
- C8 – Slack and Robustness 196
 - C8.1 – Slack 196
 - C8.2 – Redundancy 197
- C9 – Exit as a Control Outcome 197
 - C9.1 – Withdrawal 197
 - C9.2 – Agency-Dissipative Environments 197
- C10 – Falsifiability and Closure 198
 - C10.1 – Falsifiers 198
 - C10.2 – Closure 198
- C11 – Structural Closure 201

Paper D – Coupled Viability: Structural Conditions for Multi-Agent Persistence Under Irreversible Dynamics

- D0 – Dependency, Scope, and Non-Overlap 204
 - D0.1 – Dependency Statement 205
 - D0.2 – Purpose 206

- D0.3 – Positioning Relative to Existing Literature 207
- D0.4 – Hard Non-Claims 208
- D0.5 – Loaded Terms: Geometric Definitions 209
- D1 – Shared Constraint Environments 210
 - D1.1 – Shared Viability Domain 211
 - D1.2 – Constraint Coupling 213
 - D1.3 – Record Externalities (Geometric Exclusion Principle) 214
- D2 – Composition of Agency 221
 - D2.1 – Joint Agency and Non-Additivity 222
 - D2.2 – Impedance Matching 226
 - D2.3 – Resonance and Phase 234
- D3 – Stable Configurations Under Drift 240
 - D3.1 – Compositional Equilibrium 241
 - D3.2a – Necessary Conditions for Persistence (under alignment) 245
 - D3.2b – Sufficient Conditions for Persistence (without alignment) 251
 - D3.3 – Instability and Cascade Failure 254
- D4 – Emergent Order Without Design 256
 - D4.1 – Null Model and Order Metric 257
 - D4.2 – Structural Filtering of Configurations 262
 - D4.3 – Hierarchy as Constraint Geometry 265
 - D4.4 – Cooperation and Deterrence as Structural Outcomes 270
- D5 – Experimental Instantiations and Falsifiers 275
 - D5.1 – Worked Examples 276
 - D5.2 – Falsifiers 279

- D5.3 – Scope Closure 291
- D6 – Structural Closure 292

Appendices

- Appendix E – Glossary of Terms and Notation 131
- Appendix A – Equivalence of AS Representations 135
- Appendix B – Viability Theory Background 140
- Appendix C – Gravitational Self-Energy 141
- Appendix D – Experimental Feasibility Estimates 144
- Appendix F – Worked Example: AS Calculation for a Dephasing Qubit 148
- Appendix E (Paper D) – Exploratory: Reclamation and Renewal (Non-Load-Bearing) 293

Kill Switch Ledger

- Paper A Kill Switches (KS-V.1 to KS-V.7) 293
- Paper B Kill Switches (KS-V.8) 294
- Paper C Kill Switches (KS-V.9 to KS-V.13) 294
- Paper D Kill Switches (KS-V.14 to KS-V.24) 295

Last Page 298

Р0.1 — До начала

Закройте глаза на мгновение. Попробуйте представить себе ничто. Не темноту — темнота это нечто. Не тишину — тишина это нечто. Не пустое пространство — пространство это нечто. Ничто.

Отсутствие всего, включая само отсутствие.

Вы не можете этого сделать. Ваш разум продолжает порождать нечто, чтобы заполнить пустоту. Эта неспособность — не провал воображения. Это первая подсказка.

Начните с ничего. Не с пустого пространства, не с вакуумной флуктуации, не с квантового поля в основном состоянии. Ничего. Ни топологии, ни размерности, ни времени, ни наблюдателя. Пустое множество: \emptyset .

\emptyset — это не место. У него нет свойств, которые можно описать. Но оно не бессвязно. Математика начинается с пустого множества и строит из него всё.

Теория множеств конструирует целые числа, вещественные числа, топологию и в конечном счёте структуры, которые физики используют для описания Вселенной.

Вопрос не в том, реально ли \emptyset — на это вы ответить не можете.

Вопрос в том, имеет ли переход от \emptyset к структуре определённую форму — и оставляет ли эта форма следы в том, что мы наблюдаем.

Р0.2 — Разлом

Вы видели, как нарушается симметрия. стакан падает со стола. До падения все направления равновероятны. После падения одно направление актуально. стакан не может упасть обратно.

Первое различие двоично. Из \emptyset — два значения в идеальном равновесии: 1:1. Ещё не числа — лишь минимально возможная дифференциация. Разлом в нераздифференцированном потенциале.

Одна сторона — отсутствие (0), другая — присутствие (1). Но идеальное равновесие — это не структура.

Структура требует наименьшего возможного возмущения — отклонения от симметрии настолько малого, что оно не могло бы быть меньше и при этом существовать. Назовём его ϵ .

Разлом — это не просто 0 и 1; это 1:1 + $1 \times \epsilon$. Это аксиома, из которой следует аргумент. Это не физическое событие.

Это структурное наблюдение: простейшее, что может произойти с ничем — оно становится двумя вещами, и простейшее, что может произойти с двумя вещами в равновесии — равновесие нарушается.

Назовём 0-сторону ориентацией. Это остаток того, что не было выбрано, фон, на котором определяется присутствие. Назовём 1-сторону актуализацией.

Это факт записи — то, что нечто, а не ничто, было зафиксировано. Возмущение ϵ — то, что создаёт различие между потенциалом и записью.

Без него обе стороны неразличимы и никакой структуры не существует.

Принципиально: разлом не различает две предсуществующие стороны. До ϵ сторон нет.

Разлом создаёт стороны, нарушая симметрию, которая делала их неразличимыми. «Ориентация» и «актуализация» — следствия разлома, а не его предусловия.

Принципиально: актуализация — не просто метка на одной стороне разлома. Это измерение — степень свободы, столь же реальная, как любое пространственное направление, которое возникнет позднее.

Если многообразие имеет три пространственных и одно временное измерение, актуализация — пятое: измерение возможности, из которого записи вносятся в четыре.

Холст не менее реален, чем картина; он то, что делает картину возможной.

0-сторона (ориентация) и 1-сторона (актуализация) не находятся внутри многообразия. Многообразие находится внутри них. Каждая запись производится из измерения актуализации в многообразии.

Это наблюдение структурное, а не формальное; оно разрабатывается операционально в Статье А (где AS определяет количественно движение вдоль этого измерения) и формально в размерностном анализе AP10.

Разлом беззвучен. Никакая энергия не высвобождается, потому что энергия ещё не определена. Никакой наблюдатель его не регистрирует, потому что регистрация требует структуры, которая ещё не существует.

Симметрия нарушается, и нет никакого звука. Это беззвучный хлопок.

То, что следует — расширение структуры, дифференциация сил, возникновение пространства-времени — это Большой взрыв. Беззвучный хлопок предшествует ему: разлом, который делает взрыв возможным.

Р0.3 — Первая сила

Разлом не пассивен. Он что-то делает. Вы знаете это из опыта — каждый раз, когда равновесие нарушается, за этим следует движение.

Если структура может возникнуть из потенциала, первый вопрос: что опосредует переход между ними? Каково взаимодействие между актуализированной структурой и нераздифференцированным фоном, из которого она возникла?

Гравитация обладает уникальным свойством среди известных сил. Она универсальна — взаимодействует со всей энергией, а не только со специфическими зарядами. Она неэкранируема — нет гравитационного изолятора.

И она всегда притягивает — стягивает структуру вместе, а не разделяет на виды.

Эти свойства делают гравитацию единственным известным взаимодействием, которое правдоподобно может служить первым посредником между дифференцированной структурой и нераздифференцированным фоном.

Это не вывод.

Это структурное наблюдение: если вам нужна одна сила, которая возникнет первой, и эта сила должна взаимодействовать со всем, что существует просто в силу своего существования, гравитация — единственный кандидат.

Глубоко ли это наблюдение или случайно — именно тот вопрос, который невозможно решить аргументом.

Р0.4 — Накопление

Вы никогда не отменяли ни одного мгновения. Ни одного.

Как только разлом произошёл и структура начинает актуализироваться, процесс приобретает направление. Записи формируются. Альтернативы исключаются. Необратимость накапливается.

Это верхняя половина песочных часов: потенциал преобразуется в запись, 0-сторона перетекает в 1-сторону.

Формальная версия этого процесса — возрастание состояния актуализации при декогерирующей динамике (Статья А, Теорема Т1). Но интуиция предшествует формализму. Вселенная, однажды начав дифференцироваться, не дедифференцируется спонтанно.

Записи, однажды сформировавшиеся, не расформируются. Стрела структурна, а не термодинамична — хотя термодинамика наследует её.

В ходе накопления доступное пространство для новых записей обширно.

Ветвление дёшево. Альтернативы множатся. Ядро жизнеспособности (Статья А, Определение D7) велико относительно занятого состояния.

Агентность в теоретико-управленческом смысле Статьи С близка к максимуму.

Есть пространство для манёвра.

P0.5 — Насыщение

Всё заполняется. Ваш жёсткий диск. Ваше терпение. Вселенная.

Накопление не может продолжаться без предела. Каждая запись потребляет ёмкость. Каждая актуализация исключает альтернативы. Ядро жизнеспособности сжимается. Поверхность невозврата (Статья А, Определение D9) продвигается внутрь.

Насыщение — состояние, при котором ёмкость для нового ветвления записевой структуры приближается к нулю. Система зафиксировала почти все доступные степени свободы.

Новая дифференциация требует переработки старой структуры — но переработка требует энергии, подчинённой тем же ограничениям ёмкости.

Чёрные дыры — крайнее выражение насыщения. Они представляют состояния максимальной гравитационной фиксации — конфигурации, из которых никакая дальнейшая внутренняя дифференциация не доступна внешнему агенту.

На языке Статьи А они глубоко внутри бассейна захвата: состояния, из которых выход невозможен при любых допустимых управлениях.

Они не кнопки перезагрузки. Они конечные точки процесса накопления.

Р0.6 — Поворот

Здесь повествование вступает на территорию, которую вы не можете проверить — пока. Держите это легко.

Поворот — наиболее спекулятивный элемент повествования. Он включён, потому что вопрос — что происходит, когда накопление завершено? — неизбежен, если принимать аргумент всерьёз.

Он включён не потому, что есть свидетельства в его пользу.

Сопутствующий документ, Артист Пруф 03: Гипотеза петли, развивает эту спекуляцию в формальную гипотезу с явными условиями фальсификации. Здесь — интуиция, предшествовавшая гипотезе.

При насыщении верны два положения. Во-первых, вся ёмкость израсходована: дальнейшее ветвление невозможно.

Во-вторых, выстроенная структура реальна — она состоит из необратимых записей, которые нельзя отменить.

Вопрос — существует ли допустимое преобразование, восстанавливающее ёмкость без нарушения необратимости существующих записей.

Статья А рассматривает это в Разделе А6 как опциональный модуль.

Формальные условия: отсутствие отмены реализованных выборов, отсутствие обхода механизма селекции и восстановление эффективной размерности алгебры записей.

Конформное перемасштабирование — преобразование, нечувствительное к абсолютному масштабу — один кандидат, удовлетворяющий этим условиям при экстремальном разрежении.

В общей теории относительности существует структурное соответствие между внутренней геометрией коллапсирующей конфигурации при максимальном сжатии и геометрией расширяющейся конфигурации в её начале.

Это соответствие — не временная последовательность, а геометрическое тождество: два описания могут относиться к одной структуре, прочитанной с разных сторон.

Физически ли реализовано это тождество — эмпирический вопрос, рассматриваемый в сопутствующем документе.

Интуитивный образ — дно песочных часов. Песок накопился. Колба полна.

Но дно песочных часов — также верх следующих — не потому, что часы перевернули, а потому, что геометрия при максимальном сжатии структурно идентична геометрии в начале расширения.

Старые записи остаются граничными условиями. Ёмкость обновляется.

Структура продолжается с нетронутой прежней записью.

Происходит ли это на самом деле — вопрос, на который данный аргумент ответить не может.

Это отмечено здесь, потому что структура аргумента делает вопрос корректно поставленным, и потому что интеллектуальная честность требует признавать, где интуиция выходит за пределы формализма.

Р0.7 — Петля

Если структурное тождество выполняется, процесс не циклический во времени, а идентичный в геометрии: сжатие \equiv начало. Каждая сторона наследует записевую структуру другой как граничное условие. Ничто не стирается.

Петля — не повторение; это структура с памятью, прочитанная по-разному с каждой стороны тождества.

Наиболее провокационное прочтение этой структуры: вселенная операционально определяется своей записевой структурой. Записи, порождённые актуализацией, составляют единственное свидетельство того, что вообще что-либо произошло.

Вселенная без записей неотличима от \emptyset . Вселенная с записями — это точно и только эти записи.

Такие термины как «свидетель» или «наблюдать», если используются в другом месте повествования, означают только формирование записи — не сознание, не внутренний опыт, не субъективное осознание. Хребет не привлекает ни одного из этих понятий.

Здесь заканчивается интуиция художника и начинается дисциплина физика. Предшествующие параграфы — история, структурная история, ограниченная последующей математикой, но тем не менее история.

Истории не имеют истинностных значений. У них есть связность и последствия.

Последствия этой истории — четыре статьи, которые следуют далее.

Р0.8 — Гипотеза об энергии и актуализации

Следующая гипотеза сохранена для исторической полноты. Она не является текущим утверждением аргумента.

Последующая работа (АР03: Гипотеза петли) указывает, что она, вероятно, сформулирована неверно: системы при максимальном сжатии представляют состояния максимальной крупнозернистой энтропии, а не минимального энергетического вклада.

Гипотеза включена, потому что она была исходным компактным выражением интуиции аргумента, и потому что интеллектуальная честность требует сохранения записи о том, что было продумано до исправления.

Простейшее такое соотношение: $E = mc^2 \times AS$, где $AS \in [0, 1]$ — состояние актуализации, определённое в Статье А.

При $AS = 0$ записевая структура не существует и система не вносит вклада в энергетический бюджет актуализированной реальности. При $AS = 1$ система максимально актуализирована и вся массо-энергия зафиксирована.

Исходная интуиция: реальность не дана, а заслужена — по одной необратимой записи за раз. Эта интуиция выживает, даже если данная конкретная формулировка — нет.

Гипотеза не появляется и не упоминается ни в одной из четырёх формальных статей. Хребет не затрагивается её статусом.

Р0.9 — Мост к хребту

Преыдущие разделы описывают интуицию. Следующие четыре статьи формализуют набор следствий, совместимых с этой интуицией, но не зависящих от неё.

Ни одно определение, теорема, утверждение или фальсификатор в Статьях А–D не требует ничего из Статьи 0. Хребет самоподдерживающийся.

Статья А определяет состояние актуализации как операциональную меру необратимости записевой структуры. Она доказывает, что AS возрастает при декогерирующей динамике, устанавливает поверхности невозврата из ограниченной ёмкости и определяет фальсифицируемые тесты.

Она не зависит ни от чего, кроме стандартной квантовой механики и теории жизнеспособности.

Статья В характеризует селекцию — переход от множественности к определённости — как затратный, ограниченный по скорости процесс исключения. Она выводит структурные требования и фальсифицируемую гравитационную оценку скорости.

Она зависит от Статьи А и ни от чего более.

Статья С развивает агентность как теоретико-управленческую величину: долю ядра жизнеспособности, достижимую из текущей позиции при допустимом управлении. Она формализует дрейф, утомление, связанность и выход как следствия необратимости.

Она зависит от Статей А и В и ни от чего более.

Статья D расширяет связанность на многоагентные системы в общих ограничительных средах. Она выводит структурную фильтрацию, иерархию, кооперацию и сдерживание как геометрические следствия.

Каждая властная структура, с которой вы когда-либо сталкивались — каждая иерархия, каждый союз, каждая угроза — имеет эту геометрию необратимого дрейфа в основе. Она зависит от Статей А, В и С и ни от чего более.

Каждая статья независимо фальсифицируема. Вы можете уничтожить любую из них. Каждая содержит явные условия, при которых она терпит неудачу.

Цепь зависимости однонаправлена: крах D не обесценивает С, крах С не обесценивает В, крах В не обесценивает А.

Статьи стоят или падают на собственной логике, независимо от мотивировавшего их повествования.

В символической нотации, мотивирующей формальное развитие:

Запись — это состояние актуализации необратимого события нарушения симметрии, применённого к вакууму.

— где φ_0 — нераздифференцированный потенциал P0.1, а Crack — нарушающий симметрию разлом P0.2. Эта нотация образная, не формальная; Статья A определяет все величины операционально.

Конец Статьи 0. Нефальсифицируема · Структурное повествование · Завершена

Статья А

Состояние актуализации **Операциональная мера необратимости со структурой записей** **Справочный документ • Канонический**

Статья А воспроизводится полностью на следующих страницах. Она — основание хребта. Она не зависит ни от чего, кроме стандартной квантовой механики и теории жизнеспособности. Все последующие статьи наследуют от неё.

Состояние актуализации (AS) **Операциональная мера необратимости со структурой записей**

А0 — Вводная часть

А0.1 — Титульный блок и реферат

Заглавие

Состояние актуализации (AS): операциональная мера необратимости со структурой записей

Вы читаете это предложение. Это запись. Фотоны попали на сетчатку, нейроны возбудились, паттерн был распознан. Событие не может произойти обратно.

Эта статья строит инструмент для измерения того, как далеко зашёл этот процесс — и доказывает, что при определённых условиях он может идти только в одном направлении.

Реферат

Состояние актуализации (AS) — операциональная мера необратимого формирования записей в квантовых системах.

AS определяется относительно физически реализуемых крупнозернистых разбиений, индуцированных взаимодействием системы с окружением, и количественно определяет степень, в которой взаимоисключающие классические альтернативы стали устойчивыми.

Речь идёт о достижимости — о границе, за которой вы не можете вернуться, что бы ни делали.

Статья устанавливает критерии, при которых AS корректно определено, операционально инвариантно и фальсифицируемо, и доказательство показывает, что AS монотонно неубывает при декогерирующей, формирующей записи динамике в точно определённой области.

Далее вводится не зависящая от предметной области теорема невозврата, показывающая, что ограниченная ёмкость поддержания генерически индуцирует необратимую потерю достижимости, независимо от квантовой механики или гравитации.

Вместе эти результаты предоставляют фальсифицируемый, не зависящий от интерпретации каркас, изолирующий необратимое формирование записей как измеримый физический процесс, независимый от коллапса, гравитации или сознания.

Вам нужны только измерения. Ни механизм коллапса, ни гравитационная гипотеза, ни космологическое допущение не привлекаются.

Аргумент изолирует определительный и теоремный слои, необходимые для любой последующей теории селекции или определённости.

А0.2 — Что эта статья делает и чего не делает

Она делает: определяет AS как физически значимую меру необратимого формирования записей. Доказывает возрастание AS при декогерирующей динамике (Теорема T1). Устанавливает поверхности невозврата из ограниченной ёмкости (T2). Определяет фальсификаторы.

Требует операциональной инвариантности — и гибнет, если требование не выполняется (Размыкатель F0).

Она не делает: не предлагает механизм коллапса. Не выводит правило Борна. Не апеллирует к гравитации или космологии. Не решает проблему измерения. Не объясняет сознание.

Разделы А0–А3 самодостаточны. Разделы А4–А5 добавляют независимо фальсифицируемые постулаты. Если А4–А5 терпят неудачу, А0–А3 не затрагиваются.

A1 — Постановка задачи

A1.1 — Проблема актуализации

Вы никогда не переживали суперпозицию. Каждое мгновение вашей жизни было определённым — эта комната, этот стул, это предложение.

Однако квантовая механика утверждает, что до измерения системы существуют в суперпозициях всех возможных исходов. Нечто соединяет «все возможные» и «один актуальный». Этот мост — предмет данной статьи.

Квантовая теория описывает замкнутые системы унитарной эволюцией в гильбертовом пространстве. Эксперименты, однако, фиксируют записи: взаимоисключающие, устойчивые, классические факты. Между этими описаниями — разрыв.

Стандартный язык измерения пытается перекрыть этот разрыв с помощью наблюдателей, проекций или эпистемических обновлений.

Эти понятия не определяют физический переход; они описывают, когда агент обновляет описание, а не когда система становится неспособной поддерживать альтернативы.

Декогеренция объясняет подавление интерференции, но сама по себе не определяет количественно, сколько необратимой структуры сформировалось, и не указывает, когда альтернативные истории перестают быть операционально достижимыми.

Недостающее — величина, ссылающаяся только на физически доступные степени свободы, отличающая потерю когерентности от незнания и измеряющая накопление устойчивой записевой структуры.

Эта величина — состояние актуализации (AS).

Замечание. Аргумент намеренно минимален. Он не спрашивает, почему Вселенная допускает записи, только когда они становятся необратимыми.

Он не объясняет «ощутимость» исходов, только структурные условия, при которых множественные исходы перестают быть одновременно доступными.

Изолируя переход от квантовой когерентности к классической записи, статья предоставляет общую феноменологическую цель для любой более глубокой теории определённых исходов.

A1.2 — Что нового: позиционирование относительно существующих понятий

Состояние актуализации не является переопределением декогеренции, энтропии или термодинамической необратимости. Следующие различия структурны.

AS vs. декогеренция

Декогеренция — динамический процесс, подавляющий интерференцию между альтернативами. AS — операциональная величина, измеряющая степень фиксации записевой структуры.

Они различны: декогеренция может происходить без значительного роста AS, и AS может возрасти при пренебрежимом изменении полной энтропии.

Конкретная демонстрация их независимости дана ниже.

AS vs. энтропия

Энтропия определяет полную неопределённость, включая вклады от ненаблюдаемых степеней свободы. AS намеренно отбрасывает такие вклады и отслеживает только межсекторное ветвление.

Система может иметь высокую энтропию и низкое AS, или низкую энтропию и высокое AS. Сравнение энтропии фон Неймана делает эту независимость явной.

AS vs. квантовый дарвинизм

Квантовый дарвинизм (Зурек) определяет избыточность, с которой информация запечатлевается во фрагментах окружения. AS измеряет информационное богатство зафиксированного классического ветвления.

Эти величины операционально независимы: каждая может быть максимизирована или минимизирована независимо от другой.

AS vs. согласованные истории

Представление AS_h на основе историй (Раздел A2.4) ограничено одновременными записевыми историями при полной декогеренции. Это намеренное сужение.

Полный формализм допускает многовременные, многоветвистые наборы историй; AS_h — нет. AS_h — мост эквивалентности к первичному определению, а не замена согласованных историй.

Разобранное сравнение: где AS и избыточность квантового дарвинизма расходятся

Предыдущие различия структурны, но их сила лучше видна в конкретной системе, где AS и избыточность движутся независимо.

Два случая имеют идентичную квантовую динамику; различаются лишь числом фрагментов окружения и числом секторов указателя.

Случай 1: Высокая избыточность, нулевое AS . Кубит S с базисом указателя $\mathcal{O} = \{|0\rangle\langle 0|, |1\rangle\langle 1|\}$ приготовлен в чистом состоянии указателя $|0\rangle$.

Окружение состоит из $N = 1000$ фрагментов, каждый независимо регистрирует, что система в секторе $|0\rangle$.

Избыточность квантового дарвинизма $R_\delta \approx 1000$: классическая информация «система в $|0\rangle$ » транслируется через тысячу фрагментов, и любая малая доля окружения достаточна для восстановления.

Однако секторные веса: $p_0 = 1, p_1 = 0$. Энтропия Шеннона $H(\{p_i\}) = 0$, следовательно $AS = 0$. Ветвления нет.

Окружение зарегистрировало единственный определённый исход с чрезвычайной избыточностью, но нет необратимости со структурой записей для измерения.

Случай 2: Нулевая избыточность, максимальное AS . Четырёхуровневая система S с базисом указателя $\mathcal{O} = \{P_1, P_2, P_3, P_4\}$ в равной суперпозиции, полностью дефазирована связью с одним фрагментом окружения.

Секторные веса $p_i = 1/4$ для всех i . Избыточность $R_\delta = 1$: один фрагмент несёт информацию, его потеря уничтожает доступ.

Но $AS = H(\{1/4, 1/4, 1/4, 1/4\}) / \log 4 = \log 4 / \log 4 = 1$. Максимальное ветвление записевой структуры по четырём взаимоисключающим альтернативам.

В Случае 1 система классически определена и робастно транслирована, но без актуализационной структуры. В Случае 2 система максимально ветвится, но хрупка в дарвинистском смысле.

AS и избыточность — операционально независимые величины, которые могут быть максимизированы или минимизированы независимо.

AS vs. энтропия фон Неймана. Аналогичное расхождение с энтропией фон Неймана $S(\rho)$.

Рассмотрим сектор Π_1 ранга $d_i = 100$ с системой, полностью заключённой в этом секторе в максимально перемешанном внутрисекторном состоянии.

Энтропия фон Неймана $S(\rho) = \log 100$ — велика. Но $AS = H(\{1\}) / \log 1 = 0$, поскольку весь вес в одном секторе.

И наоборот, двухсекторная система с одноранговыми проекторами и равными весами $p_0 = p_1 = 1/2$ имеет $S(\rho) = \log 2$ и $AS = 1$. Энтропия фон Неймана отслеживает полную неопределённость; AS — только межсекторное ветвление.

Они отвечают на разные вопросы.

Операторный горизонт vs. второй закон

Второй закон выражает типичный рост энтропии при макроскопической динамике.

Операторный горизонт определяет необратимость как границу операциональной доступности: геометрический предел в пространстве состояний, за которым восстановление невозможно при ограниченном управлении.

Необратимость здесь — утверждение о достижимости при допустимых операциях, применимое к квантовым, классическим и абстрактным системам управления.

A1.3 — Уточнение области

Статья не предлагает механизм коллапса, не выводит правило Борна и не предполагает космологической или гравитационной гипотезы.

Она изолирует минимальную структуру, необходимую для того, чтобы необратимое формирование записей стало корректно определённым, операционально проверяемым понятием.

Любая последующая теория селекции или определённости должна быть построена на этом основании — или потерпеть неудачу против него.

A2 — Определения

Далее — инструменты. Каждое определение именуется конкретной вещью и говорит точно, что она делает. Если потеряете нить, вернитесь сюда.

Определения не двигаются.

A2.1 — D1: Physically Realizable Coarse-Graining \mathcal{O} Let \mathcal{H}_s be the system гильбертово пространство and \mathcal{H}_e its environment.

A physically realised крупнозернистое разбиение \mathcal{O} is a finite set of mutually orthogonal projectors $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$ satisfying all of the following conditions:

\mathcal{O} не является observer-chosen. It is selected by the physics of связанность. You не choose what gets measured. The interaction chooses.

The critical point: \mathcal{O} не является your choice. It is nature's choice. The physics of the interaction determines what gets measured. You не get to pick the basis. The связанность picks it for you.

Замечание о вычислимости.

На практике, the physically realizable крупнозернистое разбиение is identified as the stable algebra generated by the interaction Hamiltonian's pointer observables — for instance, via the predictability sieve (Zurek, 1993) or stability analysis under the системы-окружения связанность.

Определение D5 (Operational Invariance) then tests robustness across any co-допустимый candidates that survive this селекция.

The identification of the алгебра указателя for a given Hamiltonian is a research problem, not a closed algorithm; D5 converts this openness into a фальсифицируемый condition rather than leaving it as an ambiguity.

A2.2 – D2: Карта дефазировки $\Delta\mathcal{O}$

Given a матрица плотности ρ on \mathcal{H}_s , define the карта дефазировки relative to \mathcal{O} as $\Delta\mathcal{O}$ removes quantum interference between сектор записей while preserving classical probabilities.

Critical clarification. Pay attention to this – it is where most confusion enters.
 $\Delta\mathcal{O}$ не measure ignorance.

It enforces projection onto the алгебра записей, isolating entropy attributable to необратимый branching rather than lack of knowledge. This step prevents conflating classical uncertainty with physical actualization.

A2.3 – D3: состояние актуализации – Primary Определение

Statement of the Определение

Let ρ be the reduced матрица плотности of a system after tracing over inaccessible degrees of freedom. Let $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$ be a physically realizable крупнозернистое разбиение selected by системы-окружения interaction (Определение D1).

Define the карта дефазировки relative to this алгебра записей: $\Delta\mathcal{O}(\rho) \equiv \sum_i \Pi_i \rho \Pi_i$. The состояние актуализации (AS) is defined as where S_{eff} is the effective record entropy defined below.

Effective Entropy When сектор записей Π_i have rank greater than one, the дефазированная энтропия decomposes as where $p_i = \text{Tr}(\Pi_i \rho)$ and σ_i is the normalised внутрисекторный state. AS tracks межсекторное ветвление only.

What happens inside each sector is invisible to AS — deliberately so. The эффективная энтропия entering AS is defined as

with внутрисекторный entropy discarded by construction. For rank-1 sectors, $S(\Delta\mathcal{O}(\rho)) = H(\{p_i\})$ and no distinction arises. A formal derivation is provided in Приложение A.

Rank-1 Simplification For rank-1 sectors (pure состояния указателя), the определение simplifies to: where H is the энтропия Шеннона and $N = |\mathcal{O}|$ is the number of сектор записей.

Нормировка и Физические границы

Let $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$ be the physically realizable алгебра записей, with total record-algebra dimension $d\mathcal{O} \equiv \sum_i \text{rank}(\Pi_i)$.

Define: $S_{\max}(\mathcal{O}) = \log d\mathcal{O}$, $S_{\min}(\mathcal{O}) = 0$, where the minimum corresponds to support on a single сектор записей.

Crucial clarification. $S_{\min}(\mathcal{O}) = 0$ is attained whenever the system's accessible state is pure and confined to a single сектор записей, even when Π_i has rank greater than one.

Internal degeneracy or unmonitored degrees of freedom within a sector не contribute to actualization. AS therefore vanishes upon complete селекция into a single сектор записей, independent of that sector's internal rank.

Интерпретация: инверсия AS

Почему энтропия относительно дефазировки (а не только чистота)

Purity $\text{Tr}(\rho^2)$ conflates two distinct situations: a system that was never coherent but is classically mixed due to ignorance, and a system that was coherent and has irreversibly декогерированный into record-consistent alternatives.

Обе могут иметь одинаковую чистоту. Только вторая представляет актуализацию.

By applying $\Delta\mathcal{O}$ before evaluating entropy, the определение isolates suppression of interference relative to physically realized records. Ignorance alone не count as actualization. Formally, AS is a dephasing-relative entropy of coherence in the \mathcal{O} -algebra.

Дисциплина нормировки

Нормировка привязана к $d\mathcal{O}$, а не к абстрактной размерности гильбертова пространства. S_{\min} и S_{\max} фиксируются тем, что окружение может физически зарегистрировать.

Это предотвращает искусственное раздувание или подавление AS путём добавления немониторируемых степеней свободы.

Операциональный смысл

AS answers one question, and only one: To what extent has the system developed фиксация записевой структуры across the alternatives that its physical environment can distinguish?

Подумайте об этом так. Вращающаяся монета имеет $AS = 1$ — максимальное ветвление, обе стороны равновероятны. Упавшая монета имеет $AS = 0$ — одна сторона, без альтернатив.

AS измеряет, сколько вращения осталось. Не какая сторона выпадет. Просто: сколько вращения.

It не answer: how fast this occurred, what caused it, or whether you should care, whether it is fundamental or emergent. Those questions belong to later раздел. Notice what AS does NOT tell you.

It не tell you which outcome will happen. It не tell you when.

It tells you how much branching exists right now. That is all. Crucially, AS is computed from the дефазированное состояние $\Delta\mathcal{O}(\rho)$, not from the physical state ρ directly.

A system may have $AS = 1$ before декогеренция has physically occurred, because the секторные веса of the дефазированное состояние already distribute maximally.

AS measures branching structure, not декогеренция progress; the latter is tracked by the поверхность невозврата (D13).

Clarification. AS measures межсекторное ветвление structure in the алгебра записей. It не by itself measure операциональный необратимость, which is separately determined by loss of recoverability (Определение D13, Раздел A4.1).

A system may have $AS = 1$ before декогеренция is physically complete, because the секторные веса of the дефазированное состояние already distribute maximally.

AS tracks branching potential; the поверхность невозврата tracks необратимость.

AS определено как скаляр. Но пространство, которое оно измеряет — пространство возможных конфигураций записей — подлинная степень свободы.

В полном корпусе (AP10) это пятое измерение: три пространственных, одно временное, одно актуализационное.

В полном каркасе (AP10) измерение актуализации идентифицируется как пятая степень свободы, наряду с тремя пространственными и одной временной. Многообразие живёт в 3+1 измерениях; квантовый сектор живёт в пятом.

Каждая запись производится из измерения актуализации в многообразии.

AS измеряет, как далеко вдоль этого измерения продвинулась система: от чистой возможности ($AS = 0$ в одном секторе) через максимальное ветвление ($AS = 1$).

This interpretation не является required by the определения of A0–A3, which are самодостаточны. It is offered as structural orientation for readers approaching AP01 within the broader corpus.

The fifth dimension is prior to the manifold — it is the precondition for the manifold's existence — but it не является less real for being prior.

Это измерение, из которого пишется физика.

Область действия и размыкатель

AS is defined relative to a крупнозернистое разбиение. Absolute, basis-free AS is meaningless. Physical legitimacy is enforced by Определение D5 (Operational Invariance): if AS varies beyond experimental tolerance across physically realizable \mathcal{O} , the argument fails.

Это встроенное условие прекращения.

Разобранный пример: Two-Qubit Dephasing

Числа делают абстракции реальными. Проследите этот пример, и вы поймёте AS лучше, чем при любом чтении определений.

Consider two qubits, S_1 and S_2 , each coupled to an independent environment fragment, with базис указателя $\mathcal{O} = \{\Pi_{00}, \Pi_{01}, \Pi_{10}, \Pi_{11}\}$ where $\Pi_{ij} = |ij\rangle\langle ij|$ and $i, j \in \{0, 1\}$.

The алгебра записей has $d_t = 4$ sectors.

Initial state: $|\psi(0)\rangle = (|00\rangle + |01\rangle + |10\rangle + |11\rangle)/2 \otimes |E_0\rangle$. The reduced state after dephasing is $\Delta_t(\rho_s) = \text{diag}(1/4, 1/4, 1/4, 1/4)$. Sector weights: $p_{ij} = 1/4$ для всех (i,j) .

Effective entropy: $S_{\text{eff}} = H(\{1/4, 1/4, 1/4, 1/4\}) = \log 4$. Normalization: $S_{\text{max}} = \log 4$. Поэтому $AS = \log 4 / \log 4 = 1$. Maximal branching across four сектор записейс.

Now suppose only S_1 has декогерированный while S_2 remains coherent.

Доступное состояние: $\rho_s = 1/2(|0\rangle\langle 0| \otimes |+\rangle\langle +|) + 1/2(|1\rangle\langle 1| \otimes |+\rangle\langle +|)$, где $|+\rangle = (|0\rangle + |1\rangle)/\sqrt{2}$. После дефазировки в четырёхсекторном базисе: $p_{00} = p_{01} = p_{10} = p_{11} = 1/4$.

$AS = 1$ снова.

The секторные веса are identical despite partial декогеренция. This illustrates the key point: AS tracks the branching structure of the дефазированное состояние, not the physical progress of декогеренция.

The distinction between these two situations is captured not by AS but by the поверхность невозврата (D13): in the first case the system has crossed it; in the second it has not.

Finally, suppose декогеренция has completed but one sector has been depopulated by dissipation, yielding weights $p_{00} = 1/2, p_{01} = 1/4, p_{10} = 1/4, p_{11} = 0$.

Тогда $S_{\text{eff}} = H(\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 0) = \frac{1}{2} \log 2 + \frac{1}{2} \log 4 = \frac{1}{2} \log 2 + \log 2 = \frac{3}{2} \log 2$, и $AS = (\frac{3}{2} \log 2) / \log 4 = \frac{3}{4} = 0,75$. Диссипация уменьшила ветвление.

This is consistent with Утверждение T1b: non-unital dynamics can decrease AS.

A2.4 – D4: Представление AS на основе историй (AS_h)

Let $\{\alpha\}$ denote a set of coarse-grained histories defined by \mathcal{O} , with декогеренция functional $D(\alpha, \beta)$.

Define the history-based representation of состояние актуализации as where $p_a = D(\alpha, \alpha)$, $H(\{p_a\})$ is the энтропия Шеннона, and N is the number of допустимый histories.

$AS_h = 0$: a single trivial history (no branching). $AS_h = 1$: maximal ветвление записевой структуры. Under complete декогеренция in the \mathcal{O} -algebra, the дефазированная энтропия reduces to $H(\{p_i\})$.

In this regime, AS_h coincides with the primary AS определение up to normalization. Formal conditions for equivalence are established in Приложение A.

If you are reading for the structural argument, the primary определение is all you need. The history representation exists for readers who work in the consistent-histories formalism.

Соглашения о приближении и операциональных критериях

Throughout this work, qualitative terms such as effective, операциональный, or inaccessible are shorthand for quantitatively defined conditions.

Effective orthogonality. Two states ρ and σ are effectively orthogonal т. и т.т.к. $\frac{1}{2}\|\rho - \sigma\|_1 \geq 1 - \varepsilon$, for fixed операциональный tolerance $\varepsilon > 0$.

Equivalently, they are операциональный distinguishable to within ε of perfect discrimination.

Operational inaccessibility. A property is операциональный inaccessible т. и т.т.к. по допустимый CPTP map Λ acting on the accessible system (optionally with fresh ancilla) can alter the reduced state by more than ε in trace distance: $\|\Lambda(\rho_s) - \rho_s\|_1 \leq \varepsilon$ для всех допустимый Λ .

Параметр ε представляет экспериментальное разрешение и фиксирован в рамках любого данного анализа.

A2.5 – D5: Operational Invariance Test

(Размыкатель F0)

Установка

Let $\mathcal{O}_1 = \{\Pi_i^{(1)}\}$ and $\mathcal{O}_2 = \{\Pi_j^{(2)}\}$ be two physically realizable крупнозернистое разбиения of the same experimental system, each допустимый under Определение D1 for the same preparation and control protocol.

Пусть ρ — редуцированное состояние, выведенное из экспериментально доступных данных для этого протокола, и пусть $\delta_{\text{exp}} > 0$ обозначает экспериментально обоснованный допуск.

Определение D5 (Operational Invariance Requirement)

AS is operationally invariant t and $t.t.k.$ for all admissible pairs $(\mathcal{O}_1, \mathcal{O}_2)$ and all experimentally accessible ρ ,

If two coarse-grained decompositions are both physically realized by the same system-environment interaction and apparatus constraints, they must not yield incompatible AS values beyond experimental tolerance.

Фальсификатор F0 (Global Размыкатель)

If существует any экспериментально realizable system and any со-допустимый pair $(\mathcal{O}_1, \mathcal{O}_2)$ такой что repeated trials yield $|AS(\rho; \mathcal{O}_1) - AS(\rho; \mathcal{O}_2)| > \delta_{\text{exp}}$ persistently, then AS не является a well-defined операциональный quantity and the argument is фальсифицирован.

Это глобальное условие прекращения.

Замечания об области действия

Read F0 again. It is the most important sentence in эта статья. If two legitimate ways of measuring the same system give different AS values beyond experimental tolerance, the ENTIRE programme is dead.

Не только эта статья. Всё, построенное на ней. Каждое последующее доказательство. Каждый этический вывод. Всё.

Вот как выглядит честный аргумент — он вручает вам инструменты для своего уничтожения.

D5 не require invariance under arbitrary refinements, coarse mathematical partitions, or observer-chosen bases. D5 requires robustness only across physically realized алгебра записей within the same experimental context.

Крах later dynamical постулатс не affect D5; conversely, крах D5 invalidates the entire AS program.

Разобранный пример: Operational Invariance in Circuit QED

Рассмотрим трансмон-кубит, дисперсионно связанный с микроволновым резонатором.

The системы-окружения interaction selects the charge-parity basis as the алгебра указателя: $\mathcal{O}_1 = \{|g\rangle\langle g|, |e\rangle\langle e|\}$, where $|g\rangle$ and $|e\rangle$ are the ground and excited states of the transmon.

This is a physically realizable крупнозернистое разбиение in the sense of D1: it is selected by the dispersive Hamiltonian $H_{\text{int}} = \chi \text{ata} \sigma_z$, which entangles photon number with qubit state.

Now consider a second крупнозернистое разбиение arising from the same physical setup.

Если резонатор управляется для создания когерентного состояния, условно вращающегося в зависимости от состояния кубита, окружение фактически регистрирует в повернутом базисе.

Однако, for the dispersive interaction, the conditional phase shift $\varphi = \chi t$ on the cavity field produces состояния указателя that remain the energy eigenstates $|g\rangle, |e\rangle$ regardless of drive parameters.

Any со-допустимый крупнозернистое разбиение \mathcal{O}_2 arising from the same dispersive связанность must therefore coincide with \mathcal{O}_1 up to a relabeling of sectors.

Operational invariance test. Prepare the qubit in state $|\psi\rangle = \alpha|g\rangle + \beta|e\rangle$ and allow декогеренция via photon-number-dependent dephasing. The reduced state is $\rho_s = |\alpha|^2|g\rangle\langle g| + |\beta|^2|e\rangle\langle e|$.

$AS(\rho; \mathcal{O}_1) = H(|\alpha|^2, |\beta|^2) / \log 2$. Because \mathcal{O}_2 coincides with \mathcal{O}_1 for this связанность, $AS(\rho; \mathcal{O}_2) = AS(\rho; \mathcal{O}_1)$ exactly.

D5 удовлетворяется с $\delta_{\text{exp}} = 0$.

The example is deliberately simple: in circuit QED, the dispersive *связанность* uniquely determines the *базис указателя*, so *со-допустимый крупнозернистое разбиения* are trivially equivalent. That is the point.

Operational invariance is most easily verified in systems where the *связанность* Hamiltonian strongly constrains the *алгебра указателя*.

The interesting tests of D5 arise in systems with richer *связанность* structures — and those are the systems that will either confirm or kill the argument, where multiple pointer candidates compete and small *дт. и т.т.к.еренс* in AS across *со-допустимый* bases can be measured against δ_{exp} .

A3 — Теоремы: Irreversibility and No-Return

Определения заданы. Теперь доказательства. С тем, что следует, нельзя спорить — это можно только проверить.

A3.1 – Теорема T1: Monotonicity of AS Under Decohering Dynamics

Установка

Let $\rho(t)$ be the reduced state of a system evolving under a completely positive preserving trace (CPTP) dynamical semigroup $\{\mathcal{E}_t\}_{t \geq 0}$ with generator \mathcal{L} .

Let $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$ be a physically realizable algebra of observables (Definition D1), and let $\Delta\mathcal{O}(\rho)$ denote the associated decoherence map.

Theorem T1 (Statement) Here is the central result of Section A. Everything before it was preparation. Everything after it is consequence.

The result says: under three precisely stated conditions, the branching can only grow. The coin cannot un-land. The ink cannot un-dry. The record cannot un-write. Possibility becomes fact, and the transition is one-way.

Not because physics forbids the reverse — but because the conditions, which create the records, are such that the reverse is not possible.

The state of decoherence is monotonic nondecreasing along the evolution $\rho(t)$ provided the following minimal sufficient conditions hold:

(1) Decoherence relative to the algebra of observables. Interference between sectors of observables is not regenerated: $(d/dt) C\mathcal{O}(\rho(t)) \leq 0$, where $C\mathcal{O}$ is any coherence monotone that vanishes on $\Delta\mathcal{O}(\rho)$.

Equivalently, off-diagonal elements in the \mathcal{O} -basis decay monotonically.

(2) Closure of the algebra of observables. $\Delta\mathcal{O} \circ \mathcal{E}_t = \mathcal{E}_t \circ \Delta\mathcal{O}$ for all $t \geq 0$. This ensures that populations in the sectors of observables evolve autonomously once decohered.

(3) Unital (mixing) dynamics on the algebra of observables. The sectoral weights $p_i(t) = \text{Tr}(\Pi_i \rho(t))$ evolve under a doubly stochastic map: $p(t) = M(t)p(0)$, where M preserves the uniform distribution.

Простыми словами: перемешивание честное. Ни один сектор не привилегирован. Динамика распространяет вероятность, а не концентрирует её.

Conclusion Under conditions (1)–(3), That is, состояние актуализации is monotonic along decohering, динамика формирования записей.

Scope of the теорема. Теорема T1 is a conditional statement. Its domain of applicability is exactly the set of dynamics satisfying conditions (1)–(3).

Динамика вне этой области — включая диссипативную, неунитальную или управляемую обратной связью — может вызывать уменьшение AS.

This не contradict the теорема; it indicates the dynamics are not purely record-forming in the sense defined above. The explicit scope boundary and converse are given below.

Note on novelty and scope. Conditions (1)–(3) are sufficient but not necessary. The monotonicity of энтропия Шеннона under дважды стохастический mixing is a standard result (Schur convexity), and эта статья не claim otherwise.

What is new не является the mathematical inequality but its physical application: the identification of conditions under which дважды стохастический mixing is the correct effective description of декогеренция in a physically realized алгебра записей, the isolation of межсекторное ветвление entropy (via the карта дефазировки $\Delta\theta$) from thermodynamic entropy, and the explicit rate bound (T1a) and converse (T1b) that turn the monotonicity into a diagnostic tool for identifying динамика формирования записей.

The теорема is a known inequality applied in a new physical context; the contribution is the context, not the inequality.

Вы видите известный математический инструмент, применённый к новому физическому вопросу — и ответ, который он даёт, является решающим.

Лемма T1.1 (Doubly стохастический mixing). Under conditions (2) and (3), the секторные веса $p(t)$ evolve under a дважды стохастический matrix $M(t)$ для всех $t \geq 0$. The proof is short, and it is the engine that drives everything.

Proof. By condition (2), $\Delta_{\mathcal{O}} \circ \mathcal{E}_t = \mathcal{E}_t \circ \Delta_{\mathcal{O}}$, so the evolution commutes with dephasing. Поэтому the diagonal elements evolve autonomously: существует a linear map $M(t)$ такой что $p(t) = M(t) p(0)$.

The map is стохастический because \mathcal{E}_t is сохраняющий след: $\sum_i p_i(t) = 1$ для всех t .

Unitality (condition 3) means $\mathcal{E}_t(I/d) = I/d$. Applying $\Delta_{\mathcal{O}}$ to both sides and using condition (2): $\Delta_{\mathcal{O}}(\mathcal{E}_t(I/d)) = \mathcal{E}_t(\Delta_{\mathcal{O}}(I/d)) = \mathcal{E}_t(I/d) = I/d$. In terms of секторные веса, the uniform distribution is fixed: $M(t)(1/N, \dots, 1/N)^T = (1/N, \dots, 1/N)^T$.

A стохастический matrix that preserves the uniform distribution is дважды стохастический. \square

The лемма is short. Its consequence не является. Once you know the mixing is дважды стохастический, Shannon's inequality does the rest.

Монотонность AS следует из цепи импликаций, каждое звено которой выковано стандартной математикой.

With Лемма T1.1 established, the monotonicity of энтропия Шеннона under дважды стохастический mixing is a standard result (Schur-convexity of $-H$). The теорема follows. The proof is standard mathematics applied to a new physical context.

What is new не является the inequality but the recognition that динамика формирования записей satisfy exactly the conditions that make the inequality hold.

Интерпретация

When interference between record-distinguishable alternatives is suppressed, the algebra of records is dynamically closed, and record-sector probabilities mix without coherent backflow, the informational richness of committed classical branching cannot decrease.

Это монотонное возрастание определяет стрелу актуализации. Вы прожили внутри этой стрелы всю жизнь. Каждое мгновение было направлено вперёд.

Каждая запись была постоянной. Теорема объясняет почему: при условиях, создающих запись, ветвление может только расти.

Явная граница области действия

Outside these three conditions, the guarantee is void. AS may decrease under cooling, decay, relaxation, feedback control, or any dynamics that funnel probability into fewer sectors. The теорема не claim universality. It claims precision.

These cases не contradict the теорема; they lie outside its scope by construction.

Почему область действия точна

Обратите на это внимание. Это разница между настоящей теоремой и ручной отмашкой.

AS измеряет ветвление, а не определённости. Декогеренция создаёт ветвление — AS возрастает. Селекция разрешает ветвление — AS убывает. T1 применяется только к фазе создания.

The теорема не является claiming that AS always increases everywhere forever. It is claiming something much more precise: under exactly these three conditions, AS не может decrease. If you violate the conditions, the guarantee is void.

Условия — не технические детали. Они суть физика. И физика проверяема.

Количественное уточнение: оценки скорости и обратное утверждение

Теорема T1 establishes monotonicity but не quantify the rate at which AS approaches its equilibrium value, nor does it characterize conditions under which AS must decrease.

Следующие two results sharpen T1 in both directions.

Следствие T1a (Rate of convergence). Under conditions (1)–(3), let the induced classical dynamics on the секторные веса be governed by a continuous-time дважды стохастический rate matrix W , so that $dp/dt = Wp$.

Let $\lambda_2 < 0$ denote the second-largest eigenvalue of W (the спектральная щель). Then the deviation of AS from its equilibrium value $AS_{eq} = 1$ satisfies where C зависит от the initial condition.

Вывод: для любого начального распределения $p(0)$ отклонение от равномерности удовлетворяет $\|p(t) - \pi\|_1 \leq \sqrt{N} \cdot \exp(\lambda_2 t)$ (по стандартным оценкам сжатия для обратимых марковских цепей).

The энтропия Шеннона $H(p)$ is Lipschitz in the L_1 norm on the probability simplex: $|H(p) - H(q)| \leq \|p - q\|_1 \cdot \log N$ (continuity bound for entropy; Cover and Thomas 2006).

Поэтому $|AS(t) - 1| = |H(p(t)) - \log N| / \log N \leq \|p(t) - \pi\|_1 \leq \sqrt{N} \cdot \exp(\lambda_2 t)$, where the constant $C = \sqrt{N}$ absorbs the dimension dependence.

The rate of convergence to maximal branching is therefore controlled by the спектральная щель of the mixing dynamics, not by any property intrinsic to the AS определение.

For the symmetric d-sector model with uniform inter-sector mixing rate w , the спектральная щель is $\lambda_2 = -dw$, and the convergence time to AS ≈ 1 scales as $\tau \sim 1/(dw)$.

This connects AS growth directly to the physical декогеренция rate of the алгебра записей.

The faster the environment records the system, the faster AS climbs. You can measure this. The спектральная щель is a physical quantity. The convergence rate is a prediction.

Утверждение T1b (Converse: conditions for AS decrease). If condition (3) is violated—specifically, if the induced classical dynamics on секторные веса are governed by a стохастический matrix M that не является дважды стохастический, with stationary distribution $\pi \neq \text{uniform}$ —then there exist initial distributions $p(0)$ for which AS is strictly decreasing.

В частности, if $p(0)$ majorizes π , the энтропия Шеннона $H(p(t))$ may increase, but if π majorizes $p(0)$, then $H(p(t))$ can decrease toward $H(\pi) < \log d$.

Physically, Утверждение T1b corresponds to dissipative dynamics that preferentially funnel population into a subset of сектор записей (e.g., amplitude damping, spontaneous decay into a ground-state sector).

Такая динамика нарушает унитарное условие (3) и снижает AS.

This converse confirms that condition (3) не является merely a technical convenience but a physical requirement: monotonicity of AS is a signature of symmetric, environment-driven mixing, not of dissipative relaxation.

Когда AS уменьшается, что-то направляет вероятность в меньшее число ветвей — охлаждение, распад, релаксация. Когда AS возрастает, окружение пишет записи.

Направление говорит вам, какой процесс доминирует.

Summary. T1, T1a, and T1b together establish that AS monotonicity is the exact fingerprint of дважды стохастический динамика формирования записей. T1 gives the direction, T1a gives the rate, and T1b gives the converse.

Никакая дальнейшая характеристика монотонности не нужна и не заявляется.

A3.2 — Операторный горизонт: невозврат как неравенство

Установка

Пусть $x(t) \geq 0$ — скалярная переменная, представляющая степень поддерживаемой структуры системы — смещение от неподдерживаемого равновесного базиса.

Assume deterministic dynamics: where a is an intrinsic decay/дрейф rate toward equilibrium, u is a control/maintenance input, and $u_{\max} \geq 0$ is a hard upper bound on управляющая ёмкость.

Теорема T2 (Operator Horizon)

Вы ощущали эту теорему телом. У каждой системы с ограниченными ресурсами — каждого тела, предприятия, цивилизации — есть точка, за которой никакая стратегия не спасёт.

The теорема names that point. Define the операторный горизонт

If at some time t_0 the system satisfies $x(t_0) > x_h$, then для всех допустимое управление $u(t)$,

Once you cross the horizon, $x(t)$ decreases no matter what you do. Maximum effort slows the decline but не может reverse it. Recovery is impossible by control alone.

Доказательство

Из динамики: $dx/dt = -a x + u \leq -a x + u_{\max}$.

Если $x > u_{\max}/a$, то $-a x + u_{\max} < 0$, следовательно $dx/dt < 0$. При $x = x_h$ максимальное управление даёт $dx/dt = 0$; непрерывность подразумевает монотонное приближение к x_h сверху. \square

Интерпретация

Теорема T2 (операторный горизонт)

Beyond x_h , the system decays toward the horizon regardless of strategy:

необратимость arises from insufficiency of допустимое управление, not from prohibition of reverse dynamics.

Теорема именует эту точку. Определим операторный горизонт

Интерпретация

Your body operates under nonlinear decay — the maintenance cost of health increases with age, and the horizon shifts. The qualitative *невозврат* result is unchanged.

Time-dependent capacity: If $a(t)$ or $u_{\max}(t)$ varies, $x_h(t) = u_{\max}(t)/a(t)$ defines a time-dependent horizon; exceeding the instantaneous horizon for sufficient time yields practical *невозврат* behavior.

Вы это знаете. Вы видели, как сад зарастает до состояния, когда его уже невозможно поддерживать. Вы видели, как долг нарастает до состояния, когда доход уже не может его обслуживать.

Вы видели, как тело разрушается до состояния, когда медицина уже не может его восстановить.

The mathematics is confirming what your experience already knows: there is a line, and once you cross it, effort *не является* enough.

Классическая аналогия: рассмотрим дырявое ведро с ограниченной скоростью наполнения. Горизонт — максимальный уровень, поддерживаемый при максимальной закачке. Выше него ведро опустошается независимо от усилий.

А3.3 — Поверхности невозврата и операциональная необратимость

Установка

The scalar horizon is the simple case. Real systems have many dimensions. The generalisation uses теория жизнеспособности (Aubin, 1991) — the mathematics of survival under constraint.

Установка

Динамика: $dx/dt = f(x, u)$, $u \in U$, с f локально липшицевой по x . Пусть $R \subset X$ — восстановимое (безопасное) множество.

Определение D7: Viability Kernel. $Viab(R) \equiv \{ x_0 \in R \mid \exists u(\cdot) \in U \text{ s.t. } x(t; x_0, u) \in R \forall t \geq 0 \}$.

States from which the system can be kept inside R indefinitely using допустимое управление.

Определение D8: Capture Basin. $Cap(R) \equiv \{ x_0 \in X \mid \forall u(\cdot) \in U, \exists t \geq 0: x(t; x_0, u) \notin R \}$.

States from which exit from R is inevitable under all допустимое управления.

Определение D9: No-Return Surface. $\Sigma_h \equiv \partial Viab(R)$. This is the geometric generalization of the scalar horizon x_h .

Утверждение P3.3

Предположим стандартные условия жизнеспособности (локальная липшицевость f , компактность U).

Then: (1) $Viab(R)$ consists of states from which at least one допустимое управление avoids loss indefinitely; $Cap(R)$ consists of states from which all допустимое управления lead to loss in finite time.

- Crossing Σ_h transfers the system from a region where recovery is reachable to a region where it не является. Caveat: $Viab(R)$ and $Cap(R)$ partition X up to the boundary Σ_h .

Граничные состояния могут быть маргинальными.

Определение D10: Operational Irreversibility (Quantified). A state x_0 is операциональный необратимый with respect to R т. и т.т.к. $x_0 \notin Viab(R)$. The reverse transition to R не exist under допустимое управления.

Operational необратимость зависит от reachability under constraints, not on microscopic time-reversal symmetry. The distinction matters. A shattered vase не является необратимый because physics forbids reassembly.

It is необратимый because you не have the resources, precision, or time to reassemble it. Irreversibility is about what you can do, not about what nature prohibits.

Согласованность с А3.2

А3.2 восстанавливается как частный случай: $n = 1$, $f(x, u) = -ax + u$, $R = [0, x_h]$.

Тогда $Viab(R) = [0, x_h]$, $\Sigma_h = \{x_h\}$.

The scalar horizon is exactly the one-dimensional поверхность невозврата.

You now have the complete невозврат geometry. The scalar horizon (T2) is the simple case. The ядро жизнеспособности (D7) is the general case.

The поверхность невозврата (D9) is the boundary between where you can still recover and where you не может.

У каждой системы, о которой вы заботились — вашего тела, ваших отношений, вашей работы — есть эта геометрия. Математика именуется то, что ваш опыт уже знает.

Замечания о робастности

With стохастический forcing, replace viability by almost-sure or probabilistic viability; Σ_h becomes a probabilistic boundary. The concept is unchanged; only the quantifier changes. $\text{Viab}(R)$ and Σ_h are computable via Hamilton–Jacobi reachability methods.

A4 — Квантово-механическая реализация

Раздел A0–A3 are complete. They stand alone. What follows adds независимо фальсифицируемый постулат — each one an invitation to destroy a specific claim. If any постулат in this раздел falls, everything above it survives.

Вы теряете расширение, а не основание.

Раздел A0–A3 establish определения and теоремы that are самодостаточны: they depend only on операциональный определения, standard квантовая механика, and теория жизнеспособности. Nothing in A0–A3 requires the content of A4 or A5.

The раздел introduces постулаты that extend the argument to address селекция and gravitational rate constraints.

These постулаты are независимо фальсифицируемый: each has explicit conditions under which it fails (F1–F3, G1–G3), and крах any постулат here не invalidate the определения, теоремы, or необратимость results of A0–A3.

The transition from теорема to постулат is marked explicitly at each point of introduction.

А4.1 — Операциональная необратимость в открытых квантовых системах

The viability geometry of Раздел А3 now meets квантовая механика. The abstract becomes concrete. You will recognise the structure.

Установка: доступная динамика

You have access to the system but not the environment. That restriction is the source of необратимость.

Let the total гильбертово пространство factor as $\mathcal{H} = \mathcal{H}_s \otimes \mathcal{H}_e$, with joint state evolving unitarily under H_{se} .

Доступное состояние системы — то, которое вы реально можете измерить — $\rho_s(t) = \text{Tr}_e[U(t) \rho_{se}(0) U^\dagger(t)]$.

Admissible operations are restricted to системно-локальный CPTP maps — the operations you can actually perform on the system without accessing the environment $\Lambda: \mathcal{B}(\mathcal{H}_s) \rightarrow \mathcal{B}(\mathcal{H}_s)$, optionally employing fresh ancilla, but with no access to the original environment E .

Определение D11: Coherence-Recoverable States. A system state ρ_s is когерентно-восстановимый relative to \mathcal{O} т. и т.т.к. существует an допустимый CPTP map Λ такой что $\|\Lambda(\rho_s) - \rho_{\text{coh}}\|_1 \leq \varepsilon$, for some state ρ_{coh} satisfying $\Delta\mathcal{O}(\rho_{\text{coh}}) \neq \rho_{\text{coh}}$, and for fixed операциональный tolerance $\varepsilon > 0$.

Определение D12: Recoverable Set and Viability Kernel. $\text{K}\varepsilon(\mathcal{O}) := \{ \rho_s \mid \rho_s \text{ is когерентно-восстановимый relative to } \mathcal{O} \}$. $\text{K}\varepsilon(\mathcal{O})$ is the ядро жизнеспособности of coherence under допустимое управление.

States outside $\text{K}\varepsilon(\mathcal{O})$ are операционально необратимый with respect to \mathcal{O} .

Mapping to теория жизнеспособности (Определения D6–D9). The abstract viability framework of Раздел A3.3 instantiates in the quantum setting as follows.

Пространство состояний X : выпуклое множество операторов плотности на \mathcal{H}_s , снабжённое топологией следовой нормы.

Admissible controls: the set of системно-локальный CPTP maps (optionally with fresh ancilla), representing all operations an agent can perform on S alone. Dynamics

$f(x, u)$: the discrete-time or continuous-time evolution generated by applying допустимые операции.

Recoverable set R : the set of states from which coherence between сектор записей can be restored (Определение D11).

Viability kernel $Viab(R)$: exactly $K_\varepsilon(\mathcal{O})$ — the set of states for which существует an допустимое управление strategy that maintains coherence-recoverability indefinitely.

Capture basin $Cap(R)$: the set of states from which, under any допустимое управление strategy, the system eventually becomes операциональный необратимый. No-return surface Σ_h : the boundary $\partial K_\varepsilon(\mathcal{O})$, separating recoverable from irreversibly декогерированный states.

The scalar horizon $x_h = u_{max}/a$ of Теорема T2 is the one-dimensional special case of this general geometric construction.

Утверждение P4.1: Tracing Induces Loss of Recoverability

Определение D13: Операциональная поверхность невозврата (квантовая).

Операциональная поверхность невозврата относительно \mathcal{O} — граница $\partial K_\varepsilon(\mathcal{O})$.

Once which-record information is encoded in inaccessible degrees of freedom, no допустимый operation on S alone can restore coherence between сектор записей.

You have felt this. Once the words leave your mouth, you не может un-say them.

Окружение записало их — в памяти другого человека, в колебаниях воздуха, в электромагнитном излучении, покинувшем комнату со скоростью света.

Никакая операция над одним лишь вашим ртом не может отменить то, что теперь хранит окружение.

Набросок доказательства. Orthogonality of environment states implies non-injectivity of the reduced dynamics on \mathcal{H}_s .

Множественные глобально различные состояния отображаются в одно и то же ρ_s , и никакая CPTP-карта на S не может восстановить утраченную фазовую информацию. ■

Определение D13: Operational No-Return Surface (Quantum). The операциональный поверхность невозврата relative to \mathcal{O} is the boundary $\partial K_\varepsilon(\mathcal{O})$.

Crossing this boundary transfers the system from a region where coherence is recoverable to a region where it не является. Irreversibility is identified with loss of reachability. Not with energy dissipation. Not with entropy increase.

With the fact that you не может get back, not with violation of microscopic reversibility.

Интерпретация

Operational необратимость in квантовая механика arises not from non-unitarity, but from restricted access.

Tracing over inaccessible degrees of freedom removes states from the восстановимое множество K_E , producing a поверхность невозврата in state space exactly analogous to the операторный горизонт of Раздел АЗ.

Irreversibility is a geometric property of допустимое управление, not a statement about time reversal at the microscopic level.

А4.2 — Объективные каналы актуализации и динамика селекции

Невозможность детерминистической селекции линейной CPTP-динамикой

Утверждение. No deterministic, linear CPTP map acting on the system state can transform a diagonal mixture over сектор записей into a single realized sector in individual runs.

Linear CPTP evolution preserves convex mixtures: $\mathcal{E}(\sum_i p_i \rho_i) = \sum_i p_i \mathcal{E}(\rho_i)$. Any linear CPTP map that acts identically on each component preserves the mixture structure and не может yield single-outcome definiteness in individual realizations.

Any mechanism that resolves a декогерированный mixture — any mechanism that produces the definiteness you experience into a single realized branch must involve either a стохастический unraveling or an explicitly nonlinear effective evolution at the level of single trajectories.

Read that again. Standard квантовая механика — linear, deterministic, сохраняющий след — не может produce definiteness in individual runs. Something else is required. The proof не является complicated. Linear maps preserve mixtures.

If you feed a mixture in, you get a mixture out. Something nonlinear or стохастический must intervene for one outcome to become THE outcome.

Определение D14: Decoherence vs. Selection. Decoherence suppresses interference between record-distinguishable alternatives and yields a stable diagonal mixture in the алгебра записей \mathcal{O} .

Selection is the further transition from a diagonal mixture to a single realized branch. Decoherence is sufficient for необратимость. Selection is required for definiteness. You live in a definite world. Something selects.

Это различные процессы. Вы переживаете их как различные. Формализм подтверждает ваш опыт.

Операциональный смысл «реализованной ветви»

Постулат P: Объективный канал актуализации

Decoherence separates the branches. Selection picks one. You have felt both — the moment when the options became clear (декогеренция) and the moment when you chose (селекция). The physics mirrors the experience.

Постулат P: Objective Actualization Channel

Статья posits an objective actualization channel acting on the reduced state after декогеренция has established операциональный необратимость.

The ensemble evolution of the reduced state is written schematically as where $D\mathcal{O}$ is the standard pointer-dephasing channel and $A\mathcal{O}$ is a канал селекции responsible for definiteness. The master equation governs ensemble dynamics.

Single-run definiteness requires a стохастический or nonlinear unraveling of $A\mathcal{O}$.

Структурные требования к каналу селекции

(S0) Activation Condition. $A\mathcal{O} \approx \mathbf{0}$ until the декогеренция condition (D13) holds within tolerance ε . Selection activates only after branches are operationally distinct.

(S1) Локальность алгебры записей. $A\mathcal{O}(\rho_s) = A\mathcal{O}(\Delta\mathcal{O}(\rho_s))$. Селекция никогда не создаёт интерференцию.

(S2) Sector fixed points. $A\mathcal{O}(\Pi_i \rho_s \Pi_i) = \mathbf{0}$ для всех i . Once a branch is realized, dynamics cease.

(S3) Contractivity (single-run resolution). Under the стохастический unraveling, the энтропия Шеннона $H(\{p_i\})$ is a супермартиггал: it decreases along individual trajectories almost surely.

(S4) граничное условие Борна. For an ensemble of identical preparations at the onset of селекция, the distribution of realized branches converges to $\{p_i\}$. S4 is a граничное условие, not a derivation.

Notice what this does and не say. It не explain why the правило Борна holds. It says: whatever селекция is, it must produce статистика Борна at the ensemble level. The constraint is structural.

Объяснение — чья-то чужая задача.

Five structural requirements. Not a mechanism — an interface. Whatever селекция IS, it must satisfy these five constraints. The constraints are testable. The mechanism is nature's business.

Observational consequence. Any канал селекции satisfying S0–S4 produces, at the single-trajectory level, dynamics that are not reproducible by any linear CPTP map acting on \mathcal{H}_s .

This is the empirical signature of селекция: post-декогеренция statistics that violate linearity.

Разобранный пример: стохастическая селекция на кубите

Это предсказание является целью теста R5 (A5.2).

Модельный пример: стохастическая селекция на кубите

Абстрактные требования убедительны лишь когда вы видите их в работе на конкретном случае. Вот простейший пример — один кубит. Смотрите, как все пять требований удовлетворяются одновременно.

The structural requirements S0–S4 constrain the канал селекции but не uniquely determine it.

To demonstrate that the requirements are jointly satisfiable and to anchor the постулат in a concrete mathematical object, we exhibit a minimal toy model: dt. и т.т.к.usive селекция on a single qubit.

Setup. Let the system be a qubit with базис указателя $\mathcal{O} = \{|0\rangle\langle 0|, |1\rangle\langle 1|\}$. After декогеренция is complete, the reduced state is $\rho_s = \text{diag}(p, 1-p)$, with $p \in [0, 1]$.

The канал селекции acts on the single free parameter p via the Itô стохастический dt. и т.т.к.ifferential equation where $W(t)$ is a standard Wiener process and $\gamma > 0$ is the скорость селекции parameter.

The dt. и т.т.к.usion coefficient $\sigma(p) = \sqrt{\gamma \cdot p(1-p)}$ vanishes at the boundaries $p = 0$ and $p = 1$, making both endpoints absorbing states.

Проверка S0-S4.

(S0) Activation condition: γ is set to zero until the декогеренция threshold (D13) is satisfied. Prior to activation, p evolves only under standard quantum dynamics.

(S1) Record-algebra locality: The SDE acts entirely on the diagonal секторный вес p . No off-diagonal (coherence) terms are generated. The map is record-algebra local by construction.

(S2) Sector fixed points: At $p = 0$ and $p = 1$, the diffusion coefficient vanishes identically: $\sigma(0) = \sigma(1) = 0$. Both sector-pure states are absorbing. Once a branch is realized, dynamics cease.

(S3) Contractivity (full Itô calculation): Define $H(p) = -p \log p - (1-p) \log(1-p)$. The селекция SDE is $dp = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p) dW$. Apply Itô's formula: $dH = H'(p) dp + \frac{1}{2} H''(p) (dp)^2$.

Вычисляем: $H'(p) = -\log p + \log(1-p) = \log[(1-p)/p]$. $H''(p) = -1/p - 1/(1-p) = -1/[p(1-p)]$.

Квадратичная вариация $(dp)^2 = \gamma p^2(1-p)^2 dt$. Подставляя: $dH = \log[(1-p)/p] \cdot \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p) dW + \frac{1}{2} \cdot [-1/(p(1-p))] \cdot \gamma p^2(1-p)^2 dt$.

The дрейф term simplifies: $\frac{1}{2} \cdot [-1/(p(1-p))] \cdot \gamma p^2(1-p)^2 = -(\gamma/2) p(1-p)$. Поэтому: $dH = -(\gamma/2) p(1-p) dt + \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p) \cdot \log[(1-p)/p] dW$.

The дрейф term $-(\gamma/2) p(1-p)$ is strictly negative для всех $p \in (0, 1)$, with equality only at the absorbing boundaries $p = 0$ and $p = 1$. The dW term is a мартингал (zero expectation).

Поэтому $E[dH] = -(\gamma/2) p(1-p) dt \leq 0$, establishing that H is a супермартингал.

энтропия Шеннона decreases along individual trajectories almost surely, with rate proportional to γ . The mathematics just proved that the branching resolves. Not on average. Not in expectation. Along every single trajectory.

Монета падает. К произведению $p(1-p)$, максимальному при $p = 1/2$ и обращаемому в ноль на поглощающих границах.

(S4) граничное условие Борна: The process $dp = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p) dW$ is a мартингал, since the дрейф term is zero: $E[p(t)] = p(0)$ для всех t .

Поскольку p сходится почти наверняка к $\{0, 1\}$, вероятность поглощения при $p = 1$ равна в точности $p(0)$, а поглощение при $p = 0$ происходит с вероятностью $1 - p(0)$.

The ensemble statistics of realised branches therefore reproduce the веса Борна without any additional assumption. No extra постулат. No interpretation.

The мартингал property of the process — the same mathematics that governs fair games in probability theory — forces the правило Борна. The universe plays fair.

Connection to the gravitational limiter. Постулат G (A4.3) constrains the скорость селекции: $\gamma \leq \Delta E_G / \hbar$.

В модельном примере среднее время до поглощения масштабируется как $\tau \sim 1/\gamma$, так что гравитационная оценка налагает $\tau \geq \hbar / \Delta E_G$.

For gravitationally indistinguishable records ($\Delta E_G = 0$), $\gamma = 0$ and no селекция occurs.

What the toy model не determine. The dt и т.т.к.usive form of the SDE is a choice, not a derivation.

A jump (Poisson) unraveling would also satisfy S0–S4, as would other dt и т.т.к.usion coefficients of the form $\sigma(p) = f(p)$ with $f(0) = f(1) = 0$.

The toy model demonstrates joint satisfiability of the structural requirements and provides a concrete anchor for фальсификация predictions (e.g., the distinction between dt и т.т.к.usive and jump statistics in R5), but it не claim to be the unique or correct динамика селекции.

The постулат specifies an interface; the toy model is one implementation.

You не need to know which implementation nature uses. You need to know that any implementation satisfying S0–S4 reproduces what you observe.

This underdetermination is a feature of the постулат's generality, but it has experimental consequences.

Дт. и т.т.к.usive unravelings predict continuous, Brownian-like wandering of секторные веса before absorption, yielding a characteristic $1/f$ noise spectrum in single-trajectory monitoring. Jump unravelings predict sudden, discrete transitions between секторные веса, yielding telegraph noise.

These are операциональный distinguishable in systems where single trajectories can be monitored (e.g., continuously measured superconducting qubits or fluorescence-monitored trapped ions).

Test R5 is designed, among other things, to make this distinction. Until such data exist, the постулат correctly remains agnostic about which unraveling nature selects.

Явное отличие от моделей спонтанного коллапса

The постулат селекции (Постулат P) shares surface features with спонтанный коллапс models such as GRW (Ghirardi, Rimini, Weber) and CSL (Continuous Spontaneous Localization) but differs from them in structure, scope, and commitment.

Следующие различия точны.

Базис коллапса. GRW и CSL коллапсируют волновую функцию в позиционном базисе по конструкции. Операторы локализации пространственны: они умножают волновую функцию на гауссиан с центром в случайной точке физического пространства.

The постулат селекции instead acts on whatever алгебра записей \mathcal{O} is selected by the системы-окружения связанность.

In systems where the базис указателя не является position (superconducting qubits, photon polarization, spin ensembles), GRW/CSL and Постулат P make different predictions. That is the content of фальсификатор F1 and test R1.

Порядок операций. В GRW/CSL коллапс — универсальный, всегда включённый процесс, конкурирующий с унитарной эволюцией во все моменты.

The постулат селекции requires an activation condition (S0): селекция is negligible until декогеренция has rendered сектор записей operationally distinct. This ordering is фальсифицируемый via test R5.

If collapse signatures appear before декогеренция is complete, the постулат селекции fails; if they appear only after, GRW/CSL's always-on character is unnecessarily strong.

Структура скорости. GRW вводит универсальную скорость коллапса λ (один коллапс на частицу за $\sim 10^{16}$ секунд) и ширину локализации $a \sim 10^{-7}$ м как свободные параметры.

CSL replaces the discrete hits with continuous dt. и т.т.к.usion but retains the same two parameters. The постулат селекции introduces no universal rate.

Instead, the rate is bounded from above by the гравитационная собственная энергия distinguishability of the сектор записей (Постулат G).

This means the скорость селекции is system-dependent and vanishes for gravitationally indistinguishable records, a prediction that GRW/CSL не make.

Ontological commitment. GRW/CSL modify the Schrödinger equation at the fundamental level: they add a стохастический, nonlinear term to the dynamical law governing all matter. The постулат селекции не modify квантовая механика.

Связь с состоянием актуализации

The limitation is deliberate, not an oversight: the постулат specifies an interface, not an ontology.

Резюме экспериментальных различителей.

Three tests distinguish the постулат селекции from GRW/CSL: (R1) whether селекция targets the базис указателя or always position; (R2) whether селекция occurs between gravitationally indistinguishable records; and (R5) whether селекция requires prior декогеренция or operates независимо of it.

Декогеренция раскрывает веер. Селекция закрывает его. AS отслеживает веер.

Relation to состояние актуализации

Selection reduces AS. Decoherence increases AS by creating ветвление записевой структуры (A3.1). Selection decreases AS by collapsing that branching into a single realized history. There is no contradiction: AS measures branching richness, not outcome definiteness.

Декогеренция раскрывает веер. Селекция закрывает его. AS отслеживает веер.

Фальсифицируемость

F1 (неудача указателя): селекция не уважает алгебру записей \mathcal{O} .

F2 (нарушение Борна): статистика ансамбля реализованных ветвей отклоняется от $\{p_i\}$.

F3 (контекстная зависимость): селекция зависит от вмешательства наблюдателя, а не от объективной динамики.

Крах the постулат не invalidate AS, T1-T2, or A4.1.

A4.3 – Физические ограничения на скорости селекции (гравитация как ограничитель)

Определение D15: Gravitational Self-Energy Distinguishability. Let two декогерированный сектор записей i and j correspond to mass-energy densities $\rho_i(x)$ and $\rho_j(x)$. Define the гравитационная собственная энергия ΔE_G и т.т.к. **erence**

$\Delta E_G = 0$: the two records are gravitationally indistinguishable. Larger ΔE_G : stronger гравитационная различимость.

Определение D16: Inter-Sector Selection Rate. Let τ_{ij} be the characteristic time for an individual realization to become операциональный indistinguishable from the conditional state within tolerance ε . Define the inter-sector скорость селекции $\lambda_{ij} \equiv 1/\tau_{ij}$.

Постулат G: Gravity-Limited Selection Rate

The objective скорость селекции between two сектор записей is bounded above by their гравитационная различимость:

The bound is a limiting inequality, not an equality. Selection may be slower. Selection не может be faster without invoking a связанность stronger than gravity.

Physical motivation. This bound не является derived from first principles; it is a постулат. But it не является arbitrary.

Two сектор записей with distinct mass-energy distributions source distinct gravitational fields. If these sectors are in superposition, the gravitational field itself is in a superposition of distinguishable configurations.

The гравитационная собственная энергия dt. и т.т.к. erence ΔE_G quantifies the degree to which the two field configurations are distinguishable: it is the interaction energy of the dt. и т.т.к. erence распределение масс with itself.

The energy-time relation $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ then implies that the minimum time required for any физический процесс to resolve this distinguishability is $\Delta t \sim \hbar/\Delta E_G$.

The bound $\lambda_{ij} \leq \Delta E_G/\hbar$ therefore says: селекция не может resolve two сектор записей faster than the gravitational field configurations sourced by those sectors can be distinguished.

The bound не является a derivation of gravitational collapse. It is a consistency constraint.

Whatever mechanism performs селекция, it не может outrun гравитационная различимость unless it couples to the system more strongly than gravity does.

The bound is testable (R3) and its failure would indicate either that селекция couples to a non-gravitational degree of freedom or that the energy-time reasoning не apply to the селекция process.

Think about what this means for everyday objects. A cat in a box has enormous gravitational energy difference between “alive” and “dead” configurations — different mass distribution, different gravitational fields.

The bound says selection happens almost instantly. You never see a cat in superposition because gravity resolves it before you could notice.

An electron spin has essentially zero gravitational energy difference between “up” and “down” — same mass, same distribution. The bound says selection is negligible. Electrons remain in superposition indefinitely. One inequality.

Объяснены и классический, и квантовый мир.

Отличие от Дьоши-Пенроуза

The Diósi-Penrose proposal argues that gravity causes collapse due to spacetime ambiguity in superposed mass configurations. The present framework makes a weaker claim: gravity limits the rate of селекция.

The mechanism of селекция не является specified; gravity provides only a ceiling on how fast it can proceed.

This is the difference between “gravity collapses the wavefunction” and “whatever performs селекция не может do so faster than гравитационная различимость allows.”

Специальные случаи

Gravitationally indistinguishable records. $\Delta E_G = 0 \Rightarrow \lambda_{ij} = 0$. Gravity forbids objective селекция between them. A superposition of such records can persist indefinitely unless another interaction provides a limiter.

Macroscopic spatial superpositions. For spatially separated распределение masses, ΔE_G grows with mass and separation, yielding $\tau_{ij} \geq \hbar/\Delta E_G$.

Macroscopic records resolve quickly but not instantaneously.

Фальсифицируемость

G1: Селекция происходит быстрее, чем $\Delta E_G/\hbar$ для гравитационно различимых записей.

G2: Селекция происходит между записями с $\Delta E_G = 0$.

G3: Скорости селекции масштабируются универсально с негравитационными параметрами по макроскопическим записям.

Failure here invalidates only the gravitational-limiter hypothesis, not the постулат селекции or prior results.

А5 — Экспериментальные режимы и пути фальсификации

A5.1 — Ориентация: исключения до подгонок

Up to A4.3, the argument specifies what должен быть true if the theory is correct.

A5 specifies how it can fail, and how that failure would be observed. Principles:

Qualitative exclusions before quantitative fits.

Тесты отсутствия до тестов скорости. Зависимость от базиса указателя до гравитационного масштабирования. Операциональные сигнатуры до интерпретации.

Если любой режим ниже терпит неудачу, соответствующий теоретический компонент мёртв — чисто и локально.

A5.2 — Карта тестов (R0-R5)

R0 — Операциональная инвариантность AS (глобальный размыкатель)

Prepare a system with two physically realizable крупнозернистое разбиения \mathcal{O}_1 and \mathcal{O}_2 . Compute $AS(\rho; \mathcal{O}_1)$ and $AS(\rho; \mathcal{O}_2)$. Prediction: $|AS(\rho; \mathcal{O}_1) - AS(\rho; \mathcal{O}_2)| \leq \delta_{\text{exp}}$. Фальсификатор F0: Persistent disagreement beyond tolerance \rightarrow entire framework fails.

Порядок приоритетов. Тесты перечислены в порядке логической зависимости, но должны выполняться в порядке различительной силы.

R0 (операциональная инвариантность) is the global размыкатель and должен быть tested first: if R0 fails, the entire framework is dead and no further test is meaningful.

If R0 passes, R2 (gravitational null case) is the most discriminating test of Постулат G, because it probes the sharpest prediction — zero скорость селекции for gravitationally indistinguishable records.

R5 (order of operations) tests the постулат селекции directly. R3 (rate bound) provides quantitative constraint. R1 and R4 test secondary predictions.

Кратко: R0 первым; если R0 проходит, R2 и R5 следующие; затем R3; затем R1 и R4.

R1 — Базис указателя vs. позиционный базис

Setup: Systems where the environment-selected алгебра указателя \mathcal{O} не является position. Concrete examples: superconducting qubits (e.g., flux-tunable transmons), cavity QED (e.g., circuit QED, Schuster et al. 2007), collective spin ensembles.

Prediction: Selection targets \mathcal{O} , not position. Фальсификатор F1: If definiteness consistently appears in position despite $\mathcal{O} \neq$ position, the постулат селекции fails.

R2 — Гравитационный нулевой случай ($\Delta E_G = 0$)

Setup: Decohered records that differ only by internal degrees of freedom with identical distribution of masses. Candidates: nuclear spin states, photon polarization states, hyperfine states with identical spatial profiles.

Prediction: $\Delta E_G = 0 \Rightarrow \lambda_{ij} = 0$. No dynamics of selection beyond standard decoherence. Falsification G2: Observation of objective selection between gravitationally indistinguishable records.

This does not forbid decoherence between such states via other interactions (e.g., EM); it forbids only objective selection on gravitational timescales.

R3 — Тест верхней границы скорости (ограничение скорости)

Setup: Mesoscopic/macroscopic superpositions with controlled распределение масс (levitated nanospheres, optomechanical resonators). Compute: $\Delta E_G \Rightarrow \tau_{\min} = \hbar/\Delta E_G$. Prediction: $\tau_{ij} \geq \tau_{\min}$. Фальсификатор G1: Selection faster than $\hbar/\Delta E_G$.

Concrete estimates: For a spherical nanoparticle of radius $R = 100$ nm composed of a high-density material (tungsten, $\rho \approx 19$ g/cm³), with two сектор записей separated by $\Delta x \sim R$, the гравитационная собственная энергия scales as $\Delta E_G \propto \rho^2 R^5$.

Это даёт $\tau_{\min} \sim 1-10$ секунд, что в пределах досягаемости современных криогенных оптических/магнитных левитационных платформ и предложенных экспериментов свободного падения в микрогравитации.

Для сравнения, наночастицы кремнезёма ($\rho \approx 2$ г/см³) того же радиуса дают $\tau_{\min} \sim 10^2-10^3$ секунд, на границе современных времён когерентности.

Материалы высокой плотности настоятельно предпочтительны для ближайших тестов.

R4 — Граничное условие Борна

Repeated preparations of identical декогерированный mixtures $\{p_i\}$. Prediction: The final ensemble of realized branches converges to $\{p_i\}$. Intermediate-time biases allowed; only asymptotic ensemble constrained. Фальсификатор F2: Systematic deviation from веса Борна.

R5 — Тест порядка операций

Эта селекция уничтожает модели, в которых коллапс вызывает декогеренцию.

This kills models where collapse is invoked to cause декогеренция.

A5.3 — Операциональная сигнатура селекции

Selection corresponds to nonlinear or стохастический dynamics at the single-trajectory level after декогеренция is complete, producing effects not reproducible by any linear CPTP map acting on \mathcal{H}_s .

Detectable signatures include: single-trajectory anomalies (jump or дт. и т.т.к.usion statistics inconsistent with any linear Lindbladian after dephasing), необратимый loss of interference-revival capacity even under idealized system-only control, and telegraph-like stabilization (once a branch is realized, subsequent measurements behave as if prepared in the conditional state within операциональный tolerance).

A5.4 — Что считается подтверждением vs. ВЫЖИВАНИЕМ

Passing a test не confirm the argument. It only allows it to survive. Confirmation would require joint success across multiple regimes. Even then, what is established is structure, not interpretation.

Неудача, напротив, мгновенна и окончательна.

A5.5 — Хронология до фальсификации

Следующие estimates reflect the state of experimental capability as of 2025 and are intended as orientation, not prediction.

R0 (Operational Invariance): Near-term (0–2 years). Circuit QED platforms already produce systems with multiple со-допустимый pointer bases. Verification of AS invariance across such bases requires only measurement and classical post-processing of existing data.

R1 (Pointer Basis vs. Position): Near-term (0–3 years). Superconducting qubit and cavity QED experiments routinely prepare states where the базис указателя is energy or charge, not position.

Checking whether definiteness tracks the базис указателя requires monitoring which observable resolves first under controlled декогеренция.

R5 (Order of Operations): Near-term to medium-term (1–5 years). Requires continuously tunable environmental связанность with single-trajectory readout. Superconducting qubits with adjustable связанность to engineered reservoirs are the most promising platform.

The key observable is whether селекция-like signatures (telegraph stabilization, non-Lindbladian statistics) appear only after декогеренция is complete.

R4 (Born Boundary Condition): Medium-term (2–5 years). Requires large ensembles of identically prepared, fully декогерированный systems with high-fidelity single-shot readout. Trapped-ion and superconducting qubit arrays are approaching the required scale and fidelity.

R2 (Gravitational Null Case): Medium-term to long-term (3–10 years). Requires декогерированный records that dt. и т.т.к. only by gravitationally indistinguishable internal degrees of freedom (e.g., nuclear spin states with identical spatial profiles).

The challenge is isolating such systems from all non-gravitational decoherence sources long enough to confirm the absence of selection.

R3 (Upper-Bound Rate Test): Long-term (5–15 years). Requires maintaining spatial superpositions of high-density nanoparticles (~100 nm, tungsten or osmium) for seconds in a decoherence-free environment, then measuring whether selection occurs faster than $\hbar/\Delta E_G$.

Cryogenic levitation and proposed space-based platforms (e.g., MAQRO mission concept) are plausible but not yet operational at the required scale.

Логика порядка. Тесты перечислены по экспериментальной доступности, а не по теоретической важности. R0 и R1 выполнимы на существующем оборудовании. R5 и R4 требуют умеренных расширений. R2 и R3 требуют выделенных экспериментальных программ.

Отрицательный результат R0 прекращает весь каркас до того, как понадобится любой другой тест.

A5.6 — Условие остановки

Определения are операциональный. You can measure every one of them.
Теоремы are scoped. Each tells you exactly where it applies and where it не.
Постулаты are isolated. Kill one and the rest survive.

Bounds are testable. You can check them with existing equipment. Фальсификаторы are explicit. You know exactly what would kill each claim.

Nothing further can be settled by argument. The mathematics has spoken. The experiments are specified. The размыкательы are published. What remains is nature's answer. The argument has told you everything it can tell you.

It has defined the measuring tool. It has proven the monotonicity. It has established the поверхность невозврата. It has characterised селекция. It has formalised агентность. It has derived the consequences of связанность.

Every claim is stated. Every размыкатель is published. Every experiment is specified.

Определения операциональны. Вы можете измерить каждое из них. Теоремы ограничены по области. Каждая говорит, где она применяется и где нет.

Границы проверяемы. Вы можете проверить их существующим оборудованием. Фальсификаторы явны. Вы знаете, что именно уничтожит каждое утверждение.

Аргумент ждёт. Он отдал себя на милость эксперимента. Это единственное место, где честный аргумент принадлежит.

A6 — Опциональный модуль: поворот

Статус: Optional module. Not load-bearing. Included for conceptual completeness; failure leaves the entire laboratory program intact.

A6.1 — Насыщение ёмкости

Let K be the ядро жизнеспособности of maintainable structure (A3.3). Capacity saturation obtains when the accessible state space for creating new durable сектор записей has measure zero under допустимое управление.

Operationally: further декогеренция may occur, but no new independent records can be written.

Capacity saturation corresponds to thermodynamic heat death in the limit where all free-energy gradients are exhausted. It не является identical to heat death in general: saturation may occur locally or structurally before global thermal equilibrium.

A6.2 — Восстановление без обращения

Any допустимый Turn must satisfy: (1) No reversal: previously realized селекцияs are not undone. (2) No селекция bypass: A4.2 remains valid locally. (3) Capacity restoration: the effective алгебра записей regains room for new, independent branches.

Это спецификация интерфейса, а не динамический закон.

A6.3 — Конформное перемасштабирование

При экстремальном разрежении динамика становится нечувствительной к абсолютному масштабу. Конформная идентификация может отобразить конфигурацию с насыщенной ёмкостью на начальную конфигурацию с обновлённой ёмкостью ветвления без обращения причинного порядка. Доказательство существования, а не утверждение актуальности.

“Records are compressed, not erased” means: distinguishable сектор записей at late times map to a lower-resolution effective алгебра записей under the conformal identification, preserving orthogonality relations and causal precedence while reducing accessible distinguishability.

A6.4 — Связь с тепловой смертью

Black holes are capacity sinks, not reset buttons. They localize saturation and demonstrate невозврат boundaries (A3.3). Any global Turn, if it exists, must respect the same non-reversal constraint.

A6.5 — Почему этот модуль опциональный

Статус: опциональный модуль. Не несущий нагрузку. Включён для концептуальной полноты; неудача оставляет всю лабораторную программу нетронутой.

Крах Module T leaves the entire laboratory program intact.

Приложения

Приложение Е — Глоссарий терминов и нотации

состояние актуализации (AS). An операциональный scalar $\in [0, 1]$ measuring the degree of межсекторное ветвление in the алгебра записей. AS = 0: all weight in one сектор записей.

AS = 1: maximal branching across all сектор записей. Defined in D3 (A2.3).

Допустимая операция. CPTP-карта, действующая на доступную систему, опционально со свежей анциллой, но без доступа к исходному окружению.

The set of допустимые операции defines what an agent can do, and thereby what counts as операциональный необратимый.

Capture basin, $\text{Cap}(R)$. The set of states from which exit from the восстановимое множество R is inevitable under all допустимое управление. Defined in D8 (A3.3).

Coherence-recoverable state. A system state from which coherence between сектор записей can be restored by допустимые операции within tolerance ε . Defined in D11 (A4.1).

Coarse-graining, physically realizable (\mathcal{O}). A finite set of mutually orthogonal projectors selected by the physics of системы-окружения связанность, not by observer choice. Defined in D1 (A2.1).

Dephasing map, $\Delta_{\mathcal{O}}$. The map $\Delta_{\mathcal{O}}(\rho) \equiv \sum_i \Pi_i \rho \Pi_i$ that removes quantum interference between сектор записей while preserving classical probabilities. Defined in D2 (A2.2).

Effective entropy, S_{eff} . The энтропия Шеннона $H(\{p_i\})$ of the секторные веса, with внутрисекторный entropy discarded. This is the entropy entering the AS определение. Defined in A2.3.

Фальсификатор ($F_0, F_1, F_2, F_3, G_1, G_2, G_3$). An экспериментально observable condition whose occurrence would invalidate a specific component of the argument.

F_0 is global (kills AS itself); F_1 – F_3 target the постулат селекции; G_1 – G_3 target the gravitational limiter. Listed in A5.2.

Gravitational self-energy distinguishability, ΔE_G . The Newtonian self-energy of the dt. и т.т.к.еренсе распределение масс between two сектор записей. Defined in D15 (A4.3). Приложение C provides explicit forms.

No-return surface, Σ_h . The boundary of the ядро жизнеспособности. States beyond this surface не может return to the восстановимое множество under any допустимое управление. Defined in D9 (A3.3) and D13 (A4.1).

Operator horizon, x_h . The scalar specialization of the поверхность невозврата: $x_h \equiv u_{\max}/a$, the maximum sustainable structure given maximum maintenance effort. Defined in T2 (A3.2).

Operational invariance. The requirement that AS values computed from dt. и т.т.к.ерent physically realizable крупнозернистое разбиение of the same system agree within experimental tolerance. Defined in D5 (A2.5). Violation triggers the global размыкатель F_0 .

Operational необратимость. A state is операциональный необратимый with respect to a восстановимое множество R т. и т.т.к. it lies outside the ядро жизнеспособности of R.

Irreversibility is defined by loss of reachability under допустимое управление, not by entropy increase or violation of time-reversal symmetry. Defined in D10 (A3.3).

Record algebra. The algebra generated by the physically realizable крупнозернистое разбиение $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$. States in this algebra are diagonal in the record basis. The алгебра записей defines what the environment can physically distinguish.

Selection. The transition from a diagonal mixture over сектор записей (post-декогеренция) to a single realized branch (definiteness). Distinguished from декогеренция in D14 (A4.2).

The mechanism is specified by Постулат P; the rate is bounded by Постулат G.

Viability kernel, $Viab(R)$. The set of states from which the system can be kept inside the восстановимое множество R indefinitely using допустимое управление.

Defined in D7 (A3.3).

ε (операциональный tolerance). A fixed positive parameter representing experimental resolution. All операциональный определения (effective orthogonality, inaccessibility, recoverability) are quantified relative to ε . Defined in A2.4.

Приложение А — Equivalence of AS Representations

A.1 Назначение

This приложение establishes the precise conditions under which the primary $AS(\rho; \emptyset)$ coincides with the history-based representation $AS_h(D)$. No equivalence is assumed in the main text.

А.2 Объекты и ограничения

The histories $\{\alpha\}$ are taken to correspond one-to-one with the сектор записей $\{\Pi_i\}$ at a single time slice. No multi-time or branching-tree histories are included. Under this restriction: $N = d\mathcal{O}$.

Это ограничение явное и намеренное.

А.3–А.4 Условие декогеренции и блочная энтропия

Assume complete декогеренция: $D(\alpha, \beta) \approx 0$ for $\alpha \neq \beta$. Under this condition, the дефазированное состояние has block form $\Delta\mathcal{O}(\rho) = \sum_i p_i \sigma_i$.

The энтропия фон Неймана decomposes exactly as $S(\Delta\mathcal{O}(\rho)) = H(\{p_i\}) + \sum_i p_i S(\sigma_i)$.

No assumption of maximal mixing within sectors is made.

А.5–А.6 Формулировка эквивалентности

AS использует $S_{\text{eff}}(\rho; \mathcal{O}) \equiv H(\{p_i\})$ с нормировкой $AS(\rho; \mathcal{O}) = H(\{p_i\}) / \log d_{\mathcal{O}}$.

A.7 Режимы неэквивалентности

The equivalence fails when: декогеренция is incomplete, histories span multiple time slices, or one attempts to include внутрисекторный entropy as “actualization.” In these regimes $AS(\rho; \mathcal{O})$ remains well-defined; $AS_{\mathcal{H}}(D)$ ceases to be a faithful representation.

$AS(\rho; \mathcal{O})$ is preferred in all ambiguous cases because it requires only the reduced state and алгебра записей, not a full history space.

Приложение В — Viability Theory Background

Динамика: $dx/dt = f(x, u)$, $u \in U$. Ядро жизнеспособности: $Viab(K) = \{x_0 \in K \mid \exists u(t): x(t) \in K \forall t \geq 0\}$.

Бассейн захвата: $Cap(K^c) = \{x_0 \mid \forall u(t), \exists t: x(t) \notin K\}$.

Поверхность невозврата: $\Sigma_{NR} = \partial Viab(K)$. Разбиение выполняется с точностью до граничных множеств нулевой меры. Для справки см. Обэн (1991), Теория жизнеспособности.

Приложение В — Справка по теории жизнеспособности

С.1 Определение For two сектор записей i, j with mass densities $\mu_i(x), \mu_j(x)$:

С.2 Взвешенная многосекторная форма

С.3 Специальные случаи

С.4 Положительность По конструкции, $\Delta E_G \geq 0$.

С.4 Положительность По конструкции, $\Delta E_G \geq 0$.

Приложение D — Оценки экспериментальной осуществимости

D.1 Режим наночастиц высокой плотности

Рассмотрим сферическую наночастицу радиуса $R = 100$ нм из материала высокой плотности (вольфрам или осмий, $\rho \approx 19\text{--}22$ г/см³). Для сравнения, кремнезём имеет $\rho \approx 2$ г/см³.

With two сектор записей separated by $\Delta x \sim R$, and using $\Delta E_G \sim Gm^2/\Delta x$ with $m \propto \rho R^3$, the self-energy scales as $\Delta E_G \propto \rho^2 R^5$.

Десятикратное увеличение плотности даёт ~ 100 -кратное увеличение ΔE_G .
Результирующая временная шкала: $\tau_{\min} \sim \hbar/\Delta E_G$ даёт $\tau_{\min} \sim 1\text{--}10$ с для $R \sim 100$ нм частиц высокой плотности.

D.2 Экспериментальные платформы

Временные масштабы в диапазоне от секунд до десятков секунд в пределах досягаемости: криогенной оптической или магнитной левитации тяжёлых наночастиц (напр., Delić и др., 2020; Tebbenjohanns и др., 2021), гибридных оптомеханических ловушек с активным охлаждением обратной связью и космических платформ.

D.3 Интерпретация

The purpose of this estimate is to demonstrate that the relevant regime is экспериментально accessible. Observation of селекция faster than the bound falsifies the gravity-limiter hypothesis.

Absence of селекция constrains gravity's relevance without undermining the core AS framework.

Приложение F — Разобранный пример: вычисление AS для дефазирующего кубита

This приложение provides a complete, explicit AS calculation for the simplest nontrivial case, intended as a pedagogical anchor.

F.1 Установка

System: a single qubit S with гильбертово пространство $\mathcal{H}_S = \mathbb{C}^2$, coupled to an environment E . Pointer basis (selected by связанность): $\mathcal{O} = \{|0\rangle\langle 0|, |1\rangle\langle 1|\}$. Record algebra dimension: $d\mathcal{O} = 2$.

F.2 Начальное состояние

$|\psi(\mathbf{0})\rangle = (|0\rangle + |1\rangle)/\sqrt{2} \otimes |E_0\rangle$. Система в когерентной суперпозиции.

Редуцированное состояние $\rho_s(\mathbf{0}) = |+\rangle\langle+|$. После дефазировки: $\Delta\mathcal{O}(\rho_s(\mathbf{0})) = \text{diag}(1/2, 1/2)$. Секторные веса: $p_0 = p_1 = 1/2$.

F.3 До декогеренции

Внедиагональные элементы присутствуют.

Однако, $S_{\text{eff}} = H(\{p_i\}) = H(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}) = \log 2$. Normalization: $S_{\text{max}} = \log 2$. Поэтому $AS = \log 2 / \log 2 = 1$. Even before декогеренция is complete, the секторные веса already distribute maximally.

AS measures the branching structure of the дефазированное состояние, not whether декогеренция has physically occurred.

F.4 После декогеренции

Окружение записывает «какой путь»: $|\psi\rangle \rightarrow (|0\rangle|E_0\rangle + |1\rangle|E_1\rangle)/\sqrt{2}$ с $\langle E_0|E_1\rangle \approx 0$.

Редуцированное состояние: $\rho_s = \text{diag}(1/2, 1/2)$. Внедиагональные элементы физически подавлены.

AS = 1. Same numerical value, but now the system has crossed the поверхность невозврата: coherence не является recoverable. Operational необратимость has been established.

F.5 После селекции

Селекция разрешает смесь в сектор $|0\rangle$ (допустим). Теперь $p_0 = 1$, $p_1 = 0$. $H = 0$. $AS = 0$. Одна история остаётся. Система перешла от максимального ветвления к определённости.

F.6 Итог

AS tracks branching richness, not definiteness. It rises during декогеренция (branching phase) and falls during селекция (definiteness phase).

The разобранный пример illustrates that $AS \approx 0$ and $AS \approx 1$ are both physically meaningful endpoints of different processes, not a hierarchy of “more actualized” vs. “less actualized.”

Статья А — Канонический справочник заблокирован · Исполнение завершено

Статья В

Селекция как необратимое исключение

Зависит от Статья А

Статья А measured the branching. It proved the branching can only grow under the right conditions. It established the point of no return.

But it left one question unanswered — the question that haunts every interpretation of квантовая механика.

If definiteness occurs in individual runs — and it does, every experiment ever conducted says so — what must селекция be?

Not what might it be. What must it be. What structural requirements does any селекция mechanism have to satisfy? What must it cost? How fast can it act?

И существует ли универсальная оценка этой скорости?

No collapse mechanism is proposed. No interpretation is invoked. No result of Статья А is rederived. All hypotheses are независимо фальсифицируемый. Крах any не invalidate Статья А.

В0.1 — Декларация зависимости

This work is a strict continuation of Статья А and assumes as established: the операциональный определение and validity of состояние актуализации (AS), операциональный необратимость as loss of reachability under допустимое управление, the existence of поверхность невозврата induced by bounded capacity, and the separation between branching (AS increase) and definiteness.

For reference, the record-sector algebra \mathcal{R} is the algebra generated by the projectors $\{\Pi_i\}$ of a physically realizable крупнозернистое разбиение \mathcal{O} (Статья А, Определение D1), representing the set of операциональный accessible record observables.

All norms and maps in эта статья that reference \mathcal{R} act on this algebra.

No construct from Статья A is redefined or rederived here.

B0.2 — Назначение

Статья A establishes необратимость without definiteness: after декогеренция and loss of recoverability, multiple mutually exclusive сектор записейs can persist simultaneously in the reduced description.

Эта статья addresses the remaining physical question:

If definiteness occurs, what must селекция be, given the constraints already established?

Второй вопрос следует с необходимостью:

What physical resources должен быть expended to enforce such селекция?

This work не argue that селекция must exist. It characterizes the structure and constraints of селекция if it exists at all.

В0.3 — Жёсткие неутверждения

Статья не: • redefine состояние актуализации, • propose a collapse mechanism, • derive or assume the правило Борна, • invoke observers, consciousness, or epistemic update, • introduce агентность, decision-making, or control,

• claim gravity causes селекция.

Крах эта статья не invalidate Статья A. B1 — The Definiteness Problem (Reframed)

B1.1 — What Remains After Статья A

After the results of Статья A, the following are established:

(1) Interference is suppressed between record-distinguishable alternatives (Статья A, T1).

(2) Recoverability is lost once record information is encoded in inaccessible degrees of freedom (Статья A, D13).

(3) состояние актуализации increases during the branching phase, quantifying множественность записевой структуры (Статья A, T1).

Однако ни одно из этих не подразумевает, что в индивидуальном экспериментальном испытании сохраняется только одна запись.

A diagonal reduced state of the form where $\{\Pi_i\}$ are the record-sector projectors defined in Статья A (Определение D1) and $\{p_i\}$ are the corresponding diagonal coefficients of the reduced state inherited from the декогеренция process (no

probabilistic interpretation is assumed here), is fully consistent with all results of
Статья А.

B1.2 — Почему декогеренция — не определённая

Decoherence explains why interference terms become inaccessible. It не explain why alternatives are excluded.

Операционально:

Decoherence answers: why alternatives не может interfere.

Определённость спрашивает: почему альтернативы более не достижимы.

These are distinct constraints. Статья А resolves the first and intentionally stops there.

B1.3 — Individual Realizations (Operational Определение)

Индивидуальная реализация (или индивидуальный прогон) определяется как:

одиночное экспериментальное испытание, производящее определённый, упорядоченный во времени поток записей в окружении, который впоследствии ограничивает всё будущее доступное поведение системы.

This определение is purely операциональный and refers only to record structure.

B1.4 — Селекция как необратимое исключение

If definiteness exists, it must correspond to a physical exclusion process acting after необратимость is established, because all subsequent experimental outcomes in the record stream depend causally on which sector obtains (B1.3).

Селекция определяется здесь как:

The transition of the system state into a restricted reachable region of state space (under допустимое управление) in which only one сектор записей remains reachable. Equivalently, селекция is the необратимый removal of

alternative сектор записей from операциональный accessibility in an individual realization.

Once селекция has occurred, no допустимый системно-локальный operation can restore reachability of excluded sectors.

B1.5 — Consequence for состояние актуализации

Селекция имеет точное следствие для AS:

Decoherence increases AS by creating ветвление записевой структуры (Статья A, T1).

Selection reduces the accessible AS of an individual realization by restricting reachability to a single сектор записей.

This не imply erasure of environmental records. It reflects the collapse of future операциональный accessibility, not the destruction of past structure.

B1.6 — Стоимость селекции (предвестие)

Исключение не бесплатно.

Any process that removes reachability of alternatives must expend physical resources to enforce that restriction. This is generically as the cost of селекция: the minimal physical resource expenditure required to enforce необратимый exclusion.

This cost need not be thermal energy; it may appear as time, interaction strength, or consumption of distinguishability capacity. Its precise form зависит от the limiting interaction and is quantified below.

B2 — Требование нелинейности и стоимость селекции

B2.1 — Ограничение линейности

Deterministic linear completely positive сохраняющий след (CPTP) dynamics acting on the reduced system state preserve convex structure. Следовательно, linear

ensemble evolution не может, by itself, enforce single-sector definiteness in individual realizations.

Формально, для любой детерминистической линейной CPTP-карты \mathcal{E} :

Linearity preserves convex mixtures. No such map can select a single component from a diagonal mixture in individual runs. This is a structural consequence of linearity and не depend on interpretation.

B2.2 — Линейность ансамбля vs. разрешение траектории

Импликация ограничения линейности точна:

Эволюция на уровне ансамбля может оставаться линейной и CPTP.

Selection, if it occurs, must act at the trajectory level, resolving individual realizations via стохастический or effectively nonlinear dynamics.

Противоречия с квантовой линейностью на уровне ансамбля нет.

B2.3 — Количественная оценка отклонения селекции

Selection is a trajectory-level phenomenon. Its signature не является a deviation of the ensemble state — ensemble consistency is required (B3.5) and the ensemble state is preserved by construction.

The signature of селекция is that individual trajectories resolve to outcomes that no deterministic CPTP map could produce from the same initial state.

Пусть \mathcal{E}_{ens} обозначает CPTP-эволюцию на уровне ансамбля, действующую на редуцированное состояние.

Let Φ denote a стохастический селекция process that, for an initial state ρ , produces a random trajectory with realization-dependent final state $\rho^{\omega}(\rho)$ indexed by trajectory ω . Ensemble consistency (B3.5) requires $\mathbb{E}[\rho^{\omega}] = \mathcal{E}_{\text{ens}}(\rho)$.

The quantity that distinguishes селекция from deterministic CPTP evolution не является the ensemble mean but the trajectory spread. Define the отклонение

селекции: where $\|\cdot\|_{\mathcal{R}}$ is an operational norm restricted to the record-sector algebra \mathcal{R} .

This is the expected squared deviation of individual trajectory outcomes from the ensemble mean, measured in the algebra of records. For any deterministic CPTP map, all trajectories produce the same output, so $\delta_{\text{sel}} = 0$.

For selection, trajectories resolve to different sectors of records, so $\delta_{\text{sel}} > 0$.

All subsequent results hold for any choice of norm satisfying: (i) contractivity under admissible system-local CPTP maps, and (ii) sensitivity to distinguishability between sectors of records.

Compatibility with ensemble consistency. δ_{sel} measures the spread of trajectory outcomes, not the deviation of their mean. Ensemble consistency (B3.5) constrains the first moment: $\mathbb{E}[\rho^W] = \mathcal{E}_{\text{ens}}(\rho)$. The selection deviation constrains the second moment.

Эти независимые свойства: процесс может иметь нулевое среднее отклонение и ненулевой разброс траекторий. Селекция — именно такой процесс.

Verification (qubit toy model). For the selection SDE $dp = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p) dW$ (Статья A, Раздел A4.2), trajectories resolve to $p = 0$ or $p = 1$ with probabilities $1-p_0$ and p_0 respectively.

The ensemble mean is preserved: $\mathbb{E}[\rho^W] = \text{diag}(p_0, 1-p_0)$. The trajectory variance is $\delta_{\text{sel}} = p_0(1-p_0) > 0$ for any nontrivial initial mixture, confirming that selection produces nonzero δ_{sel} while satisfying ensemble consistency.

Selection requires $\delta_{\text{sel}} > 0$. If $\delta_{\text{sel}} = 0$ for all accessible states, every trajectory produces the same output as the ensemble map, and no resolution to individual sectors has occurred.

B2.4 — Определение: Selection Cost

The cost of селекция is defined as the minimal physical resource expenditure required to produce nonzero trajectory variance ($\delta_{sel} > 0$) sufficient to resolve individual realizations into single сектор записей.

This cost may be expressed as: a time scale (rate of exclusion), а связанность strength to enforcing interactions,

или бюджет ресурсов, необходимый для поддержания исключения.

Later разделs identify universal constraints on this cost.

B2.5 — Фальсификатор B2: Pre-Irreversibility Selection

If exclusion signatures appear before the system has crossed the поверхность невозврата (D13), the entire селекция model is dead. Selection must wait for необратимость. If it не wait, the model is wrong.

Selection не может precede необратимость. B3 — Structural Requirements on Selection Dynamics

Аны допустимый динамика селекции must satisfy a minimal set of structural requirements implied jointly by Статья A and Разделс B1–B2. These requirements are necessary, not sufficient.

Крах any requirement falsifies the селекция hypothesis without affecting the необратимость results of Статья A.

B3.1 — Активация после необратимости

Selection may act only after операциональный необратимость is established.

Let $K\varepsilon(\mathcal{O})$ denote the ε -восстановимое множество defined in Статья A (Определение D12).

For all states $\rho \in K\varepsilon(\mathcal{O})$, допустимый dynamics must satisfy: That is, no отклонение селекции is permitted while recovery remains reachable under допустимое управление. Selection dynamics may become active only once $\rho \notin K\varepsilon(\mathcal{O})$.

V3.2 — Локальность алгебры записей

Selection must act only on degrees of freedom that distinguish сектор записей, and only during active селекция.

Let $\Delta\mathcal{O}$ denote the карта дефазировки onto the алгебра записей \mathcal{O} . During active селекция (i.e., after $\rho \notin K\varepsilon(\mathcal{O})$):

This condition is consistent with V3.1: by the time селекция activates, off-diagonal terms in the record basis are already операциональнй inaccessible.

Selection may not generate or reintroduce interference, nor act on unmonitored внутрисекторный degrees of freedom.

V3.3 — Поглощающие секторы записей

Selection is an absorbing process. Once a сектор записей Π_i is realized, sector membership must remain fixed under subsequent динамика селекции. Formally:

up to операциональнй tolerance set by experimental resolution. This condition enforces необратимый confinement to the realized sector while allowing arbitrary внутрисекторный evolution.

V3.4 — Сократительность множественности

Selection resolves multiplicity; it не должен amplify it.

Let $\{p_i(t)\}$ denote the diagonal coefficients of the reduced state in the record-sector basis, treated here as record weights. энтропия Шеннона

используется строго как мера множественности, а не как термодинамическая или эпистемическая энтропия.

Ану допустимый динамика селекции должен быть такой что, along individual trajectories generated by those dynamics, $H(\{p_i(t)\})$ is a супермартигал:

with strict decrease during active селекция. The expectation is taken with respect to the trajectory measure induced by the динамика селекции.

This is a requirement on the class of допустимый dynamics, not a property derived from a specific generator: any candidate селекция process whose trajectories amplify multiplicity is excluded.

No assumption about the правило Борна is made here; H is used purely as a multiplicity measure.

Note that contractivity of H along trajectories is a consequence of the trajectory-level character established in B2.2: the стохастический process Φ must resolve the mixture, which requires H to decrease along individual realizations.

V3.5 — Согласованность ансамбля

Пока индивидуальные траектории разрешаются в единичные секторы, описание ансамбля должно оставаться согласованным с линейной эволюцией. Усреднение по всем реализациям траекторий должно воспроизводить карту ансамбля:

обеспечивая совместимость со стандартными предсказаниями на уровне ансамбля. Это требование ограничивает первый момент распределения траекторий.

It не constrain the second moment: trajectory spread ($\delta_{\text{sel}} > 0$, Раздел B2.3) is fully compatible with ensemble consistency. Selection is characterized by the combination of preserved ensemble mean and nonzero trajectory variance.

V3.6 — Граничное условие на исходы (BC1)

Статья не derive outcome statistics. Однако, допустимый динамика селекции must produce a well-defined distribution over realized сектор записей.

The analysis restricts to the class of динамика селекции that are согласованный с Борном: under the trajectory measure induced by the dynamics, the marginal distribution over realized sectors converges to the diagonal weights $\{p_i\}$ inherited from декогеренция.

This is a defining constraint of the model class studied here, not a derived result. The existence and properties of Born-inconsistent динамика селекции are a separate question outside the present scope.

Born-consistency is экспериментально testable: repeated preparations of identically декогерированный systems must yield realized-sector frequencies converging to $\{p_i\}$. Persistent deviation falsifies the согласованный с Борном class, not селекция itself.

V3.7 — Резюме структурных требований

Selection dynamics, if they exist, должен быть:

Post-необратимость — inactive while recovery remains reachable.

Record-local — acting only on the алгебра записей during active селекция.

Поглощающая — раз сектор реализован, принадлежность к сектору остаётся фиксированной.

Сократительная — монотонно уменьшающая множественность вдоль траекторий.

Согласованная с ансамблем — сохраняющая линейную эволюцию ансамбля.

Any candidate process violating these conditions не является a physically допустимый form of селекция under the argument established by Статья А.

Разобраный пример: Structural Requirements Applied to Qubit Selection

Статья А (Раздел А4.2) defines a toy model of стохастический селекция on a qubit with базис указателя $\mathcal{O} = \{|0\rangle\langle 0|, |1\rangle\langle 1|\}$ and динамика селекции $dp = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p) dW$.

Проверка показывает, что модельный пример удовлетворяет всем пяти структурным требованиям В3.

В3.1 (Post-необратимость activation): The скорость селекции γ is set to zero while the system remains within the восстановимое множество $K_{\varepsilon}(\mathcal{O})$. The SDE activates only after декогеренция has rendered секторы указателя операциональныйly distinct.

До активации, $\delta_{sel} = 0$ тождественно.

В3.2 (Record-algebra locality): The SDE acts entirely on the diagonal секторный вес p . No off-diagonal coherence terms are generated or accessed. The process is record-algebra local by construction: $\Phi(p) = \Phi(\Delta\mathcal{O}(p))$.

В3.3 (Absorbing sectors): At $p = 0$ and $p = 1$, the дт. и т.т.к.usion coefficient $\sigma(p) = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p)$ vanishes identically. Both sector-pure states are absorbing fixed points. Once realized, sector membership is permanent.

В3.4 (Contractivity): By the full Itô calculation (Статья А, Раздел А4.2, requirement S3): $dH = -(\gamma/2) p(1-p) dt + \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p) \cdot \log[(1-p)/p] dW$.

The дрейф term $-(\gamma/2) p(1-p)$ is strictly negative for $p \in (0, 1)$. H is a супермартиггал with strict decrease during active селекция, as required.

В3.5 (Ensemble consistency): The SDE $dp = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p) dW$ is a мартиггал: $\mathbb{E}[p(t)] = p(0)$ для всех t . Averaging over trajectories reproduces the ensemble state $\rho_{ens} = \text{diag}(p(0), 1-p(0))$ at all times.

Карта ансамбля линейна и СРТР.

This confirms that the structural requirements B3.1–B3.5 are jointly satisfiable. The toy model не является the unique solution; it is a proof of existence.

Any candidate динамика селекции must pass all five requirements to be допустимый. B4 — Universal Rate Constraints on Selection

Selection, if it exists, не может occur arbitrarily fast.

This раздел establishes necessary upper bounds on the rate at which допустимый динамика селекции may act, without introducing new physics and without exceeding the scope of Статья А.

B4.1 — Скорость селекции как операциональная величина

For two сектор записей i and j , define the inter-sector селекция time τ_{ij} as the minimal duration required, in an individual realization, for the system's accessible behavior to become операциональный indistinguishable from confinement to sector i rather than j , within experimental tolerance.

The corresponding скорость селекции is:

This rate is операциональный measurable: it characterizes how rapidly exclusion is enforced between competing сектор записей.

B4.2 — Требования к универсальному ограничителю скорости

Any candidate universal rate limiter on селекция must satisfy the following constraints:

Универсальность. Оценка должна применяться ко всем макроскопическим записям, независимо от состава или заряда.

Context Independence. The bound не должен depend on observer intervention, measurement choice, or apparatus-specific tuning.

Discriminatory Relevance. The bound must couple directly to the physical features that distinguish сектор записей.

These constraints не uniquely determine a limiter, but they strongly restrict допустимый candidates.

V4.3 — Гравитация как кандидат на универсальный ограничитель (гипотеза)

Среди известных взаимодействий гравитация удовлетворяет всем трём требованиям: она универсальна, неэкранируема и непосредственно чувствительна к конфигурации массо-энергии, которая различает макроскопические записи.

The hypothesis: that gravity provides a universal upper bound on скорость селекции. This is an empirical claim about known interactions, not a proof of uniqueness, and it не assert that gravity causes селекция.

V4.4 — Гравитационная различимость секторов записей

The гравитационная собственная энергия distinguishability ΔE_G between сектор записей i and j is defined in Статья А (Определение D15, Приложение С).

It measures the Newtonian self-energy of the dt. и т.т.к.еренсе распределение масс between two сектор записей and is zero when the sectors are gravitationally indistinguishable.

The определение, explicit integral form, and positivity proof are given in Статья А and are not repeated here.

V4.5 — Неравенство скорости

The ограниченный гравитацией селекция bound (Статья А, Постулат G) states:

Статья А introduces this bound as a physical constraint.

Here we elevate it to a candidate universal rate limiter by demonstrating that gravity satisfies the universality, context-independence, and discriminatory relevance requirements of V4.2 — requirements that were not articulated in Статья А.

Экспериментальные следствия этого повышения развиваются в B5.

The bound is limiting, not exact. Selection may be slower; it may not be faster without invoking a связанность stronger than gravity to mass–energy distinguishability.

B4.6 — Нулевой случай (условный)

Under the ограниченный гравитацией hypothesis, if two сектор записей are gravitationally indistinguishable: $\Delta E^{G-ij} = 0$

then the gravity-constrained contribution to the скорость селекции vanishes:

Если никакой альтернативный ограничитель, удовлетворяющий требованиям B4.2, не применяется, такие суперпозиции сохраняются бесконечно. Если существует негравитационный механизм, согласованный с B4.2, он предоставит независимую оценку скорости.

This constitutes a testable conditional prediction of the ограниченный гравитацией framework.

B4.7 — Согласованность с предыдущими результатами

The ограниченный гравитацией bound is consistent with all earlier разделs:

it applies only after операциональный необратимость (B3.1),

он ограничивает скорости, а не статистику исходов (B3.6),

он сохраняет линейность ансамбля (B3.5),

and it не explain декогеренция or branching (Статья A).

Гравитация здесь функционирует исключительно как ограничитель скорости, а не как причинный механизм.

B4.8 — Фальсификаторs (Rate-Level)

The ограниченный гравитацией hypothesis is фальсифицирован if any of the following are observed:

FG1: Селекция происходит с $\lambda_{ij} > \Delta EG/\hbar$.

FG2: Селекция происходит между записями с $\Delta EG = 0$ в отсутствие альтернативного ограничителя, удовлетворяющего **B4.2**.

FG3: Скорости селекции масштабируются универсально с негравитационными параметрами по макроскопическим записям.

Failure here invalidates the limiter hypothesis only; it не invalidate селекция as defined in эта статья, nor необратимость as defined in Статья A.

B4.9 — Заключение

If селекция occurs, it is constrained by physical limits on how rapidly alternatives can be distinguished. Definiteness не может emerge arbitrarily fast; it can emerge no faster than a universal interaction can discriminate between competing records.

B5 — Экспериментальные режимы и различающие тесты

This раздел translates the structural and rate constraints of Раздел B1–B4 into экспериментально discriminable regimes.

The aim не является parameter fitting, but to specify what observations would count as confirmation, survival, or фальсификация of селекция as defined in эта статья.

B5.1 — Принцип построения тестов

Experiments testing селекция must satisfy three criteria:

Post-Irreversibility Regime. Decoherence and loss of recoverability must already be established (Статья A). Tests conducted while the system remains within $K\varepsilon(0)$ are irrelevant to селекция.

Чувствительность к траекториям. Эксперимент должен зондировать поведение отдельных прогонов или сигнатуры уровня траекторий, а не только средние по ансамблю.

Rate Sensitivity. The experiment должен быть capable of resolving timescales comparable to the predicted скорость селекции λ_{ij}^{-1} .

Only experiments satisfying all three can meaningfully constrain динамика селекции.

Резюме карты тестов

Следующие tests are ordered by what they target, not by experimental accessibility. Each test is независимо meaningful.

BT1 — Order-of-Operations (B5.5). Target: селекция itself. Falsifies: селекция as defined in B1.4. Method: continuously tune декогеренция and check whether селекция signatures appear before the system exits $K\epsilon(0)$.

Platform: superconducting qubits with tunable связанность to measurement cavity.

BT2 — Active Selection Signature (B5.2). Target: existence of селекция. Falsifies: селекция is present in the tested regime. Method: compare single-trajectory statistics against all linear Lindblad models fitted to the same декогеренция data.

Наблюдаемое: telegraph noise or dt. и т.т.к.usive wandering inconsistent with any CPTP unraveling. Platform: continuously monitored superconducting qubits or trapped ions with fluorescence readout.

BT3 — Null-Rate Regime (B5.3). Target: ограниченный гравитацией hypothesis. Falsifies: FG2. Method: prepare декогерированный superpositions with $\Delta E_G = 0$ and monitor for селекция. Наблюдаемое: persistent multiplicity (no single-sector stabilization) vs. rapid селекция.

Platform: nitrogen-vacancy centers in diamond, nuclear spin states with identical распределение масс.

BT4 — Rate-Bound Regime (B5.4). Target: ограниченный гравитацией hypothesis. Falsifies: FG1. Method: create spatial superpositions of mesoscopic masses, measure селекция timescale, compare against $\tau_{\min} = \hbar/\Delta E_G$. Наблюдаемое: селекция faster or slower than bound.

Платформа: левитируемые наночастицы (вольфрам, $R \approx 100$ нм, $\tau_{\min} \sim 1-10$ с) в криогенном вакууме.

B5 — Born Boundary Condition (B3.6). Target: Born-consistency of селекция. Falsifies: the согласованный с Борном model class. Method: large ensembles of identically prepared, fully декогерированный systems with single-shot readout.

Наблюдаемое: realized-sector frequencies deviating from $\{p_i\}$ beyond statistical tolerance. Platform: trapped-ion arrays or superconducting qubit arrays.

B5.2 — Сигнатура активной селекции

Selection is операциональнйly distinct from декогеренция. An active селекция signature is any trajectory-level behavior, occurring after операциональнй необратимость, that:

не может be reproduced by any системно-локальнй linear CPTP evolution consistent with the независимо characterized декогеренция dynamics of the system, and

enforces persistent confinement to a single сектор записей under all допустимый системно-локальнй controls.

Examples of допустимый signatures include:

необратимый loss of interference revival capacity despite full system-only control,

стохастический stabilization of record-sector behavior inconsistent with linear Lindblad dynamics fitted to the same декогеренция data,

телеграфо-подобное поведение траектории, разрешающееся в единственный сектор без последующего переключения в доступных временных масштабах.

Absence of such signatures implies absence of селекция in the tested regime.

B5.3 — Режим нулевой скорости (гравитационное вырождение)

Consider сектор записей that are операциональнйly декогерированный but gravitationally indistinguishable: $\Delta E_G = 0$.

Under the ограниченнй гравитацией hypothesis, the gravity-constrained contribution to the скорость селекции vanishes. The argument therefore predicts one of two outcomes:

Persistent multiplicity: no селекция signatures appear within экспериментально accessible timescales; or

Non-gravitational селекция: селекция occurs at a slower rate governed by an alternative limiter satisfying the requirements of B4.2.

Конкретный пример: азото-вакансионный (NV) центр в алмазе, приготовленнй в суперпозиции спиновых состояний $|m_s = +1\rangle$ и $|m_s = -1\rangle$.

These states have identical распределение масс ($\Delta E_G = 0$) but are операциональнйly distinguishable via microwave spectroscopy. After environmental декогеренция has suppressed spin coherence, the reduced state is $\rho = \frac{1}{2}|+1\rangle\langle+1| + \frac{1}{2}|-1\rangle\langle-1|$.

Under the ограниченнй гравитацией hypothesis, no gravitational contribution to селекция exists. If single-trajectory monitoring reveals rapid stabilization to one spin state inconsistent with any Lindblad model of the декогеренция dynamics, the ограниченнй гравитацией hypothesis is фальсифицирован.

Observation of rapid селекция in this regime falsifies the ограниченнй гравитацией hypothesis.

B5.4 — Режим ограничения скорости (макроскопическая различимость)

For сектор записей with significant гравитационная различимость $\Delta E_G \gg \hbar/T$, where T is the duration over which the experiment maintains sensitivity to trajectory-level behavior, the ограниченнй гравитацией hypothesis predicts an upper bound:

Experiments in this regime can test whether observed селекция times: respect the bound (hypothesis survives),

approach the bound (ограниченный гравитацией селекция likely active), or violate the bound (hypothesis фальсифицирован).

Системы-кандидаты и оценки. Вольфрамовая наночастица ($R = 100$ нм, $\rho \approx 19$ г/см³) в пространственной суперпозиции с разнесением $\Delta x \sim R$ даёт $\Delta E_G \sim Gm^2/R$, т.е. $\tau_{\min} = \hbar/\Delta E_G \sim 1-10$ секунд.

This is within reach of cryogenic levitation experiments maintaining coherence for seconds (cf. Статья А, Приложение D).

Для кремнезёма ($\rho \approx 2$ г/см³), $\tau_{\min} \sim 10^2-10^3$ секунд, на границе современных времён когерентности. Материалы высокой плотности настоятельно предпочтительны для ближайших тестов.

Observation of селекция with $\tau < \tau_{\min}$ falsifies the ограниченный гравитацией hypothesis (FG1). Absence of селекция within accessible timescales is consistent with the hypothesis but не confirm it.

B5.5 — Тест порядка операций

Selection не должен precede необратимость.

Experiments that continuously tune environmental связанность can test whether селекция signatures appear only after the system exits the восстановимое множество $K\varepsilon(\emptyset)$.

Specifically, if trajectory-level confinement to a single сектор записей is observed while the system remains within $K\varepsilon(\emptyset)$ as defined in Статья А (Определение D12), then селекция as defined in B1.4 is фальсифицирован.

This test targets селекция itself, not merely the ограниченный гравитацией hypothesis.

B5.6 — Классификация результатов

Экспериментальные результаты разделяются следующим образом:

No селекция observed: селекция absent in the tested regime.

Selection observed, rate indeterminate: селекция present; ограниченный гравитацией hypothesis neither confirmed nor фальсифицирован.

Selection observed within bound: селекция present and consistent with the ограниченный гравитацией hypothesis.

Selection observed faster than bound: ограниченный гравитацией hypothesis фальсифицирован.

Selection observed in null-rate regime without alternative limiter: ограниченный гравитацией hypothesis фальсифицирован or incomplete.

Ни один результат не спасает гипотезу ретроактивно.

B5.7 — Замыкание области

Эта статья establishes: what селекция должен быть if it exists, what it must cost, how fast it may occur,

and how it can be фальсифицирован.

It не determine whether селекция actually occurs in nature. That question is empirical. B6 — Conclusions and Program Status

Эта статья has treated селекция as a physical exclusion process constrained by необратимость, control limits, and rate bounds, without invoking interpretation, агентность, or collapse mechanisms. The results can be summarized as follows.

B6.1 — Что было установлено

If селекция exists, it must satisfy all of the following:

- 1. Post-Irreversibility Constraint. Selection не может act before операциональный необратимость is established. Any exclusion prior to exit from $K\epsilon(\mathcal{O})$ falsifies селекция as defined here.**
- 2. Характер на уровне траекторий. Селекция должна действовать на уровне индивидуальных реализаций, сохраняя линейную эволюцию ансамбля.**
- 3. Record-Algebra Locality. Selection may act only on degrees of freedom that distinguish сектор записей and may not reintroduce interference.**
- 4. Absorbing Dynamics. Once a сектор записей is realized, sector membership is fixed under subsequent динамика селекции.**

5. Сократительность множественности. Селекция должна монотонно уменьшать множественность секторов записей вдоль индивидуальных траекторий.

6. Cost and Rate Constraints. Selection requires physical resources and не может occur arbitrarily fast.

7. Universal Rate Limiter (Hypothesis). Gravity provides a candidate universal upper bound on скорость селекции, expressible through гравитационная различимость ΔEG , and is фальсифицируемый by explicit rate tests.

Каждое условие необходимо. Ни одно не предполагается достаточным.

В6.2 — Что не было предположено

Эта статья has not: • assumed that селекция must occur,

- derived outcome statistics or the правило Борна, • specified a concrete dynamical generator, • invoked observers, consciousness, or epistemic update, • claimed gravity causes селекция,

- or extended необратимость beyond what is established in Статья А.

Крах any hypothesis in эта статья leaves the foundations of Статья А intact.

В6.3 — Статус гипотезы гравитационного ограничения

The ограниченный гравитацией hypothesis introduced in Раздел В4 is empirically motivated, dimensionally consistent, and экспериментально фальсифицируемый. It stands or falls entirely on observation. Its failure would constrain the space of допустимый селекция mechanisms, not rescue them.

В6.4 — Программное замыкание

Together with Статья А, this work completes the physics-level characterization of селекция:

Статья А establishes необратимость without definiteness.

Статья В establishes definiteness as costly, rate-limited exclusion, if it exists.

No further progress on селекция can be made by argument alone. The remaining uncertainty is empirical.

В6.5 – Прямая зависимость

If селекция is absent or constrained, the remaining question не является about definiteness but about structure: how does behavior unfold within a single realized сектор записей under необратимый constraint?

That question concerns control under необратимость, not the emergence of definiteness. It is addressed in Статья С, where агентность is treated as constrained dynamics downstream of the physics established here.

Конец Статья В.

Статья С

Агентность как ограниченное управление

Зависит от Статей А и В

Вы — агент. Вы делаете выбор. Вы поддерживаете себя против распада. Вы ориентируетесь в пространстве возможностей, сужающемся с каждым необратимым шагом. У вас есть бюджет, который истощается.

Вы сталкиваетесь с дрейфом, который не прекращается. И где-то впереди, невидимая, но реальная — граница, за которой никакой ваш выбор не спасёт вас.

Всё, что вы только что прочитали — геометрия. Не философия. Не метафора. Геометрия — измеримая, вычисляемая, фальсифицируемая.

Зависит от Статей А, В и С

Это число честнее любого определения, произведённого философией, потому что ему безразличны ваши намерения.

Его заботит ваша позиция в пространстве состояний и размер вашего управляющего множества. Остальное — арифметика.

Зависит от:

Статья А — состояние актуализации (AS): An Operational Measure of Record-Structured Irreversibility

Статья В — Selection as Irreversible Exclusion: Rates, Costs, and Constraints on Definiteness Abstract

Эта статья develops a теоретико-управленческий account of агентность under необратимый physics. Your агентность, measured as a number.

Building on Papers A and B, агентность is defined as a geometric property: the fraction of survivable states you can reach from where you currently stand, using whatever control you have, within the сектор записей you actually occupy.

Никаких новых физических допущений не вводится.

The results: if you stop maintaining, агентность decays. At the граница невозврата, агентность hits zero. High-variance or misaligned strategies waste the budget faster than steady ones. None of this is surprising.

All of it is now proven. Control fatigue, noise, связанность, and exit are defined as consequences of constrained reachability rather than psychological or normative phenomena.

Статья establishes необходимые условия for persistence of controlled behavior under необратимость and provides фальсификаторы for the control framework. What remains unresolved is empirical — and that is exactly as it should be.

Геометрия доказана. Какие системы её реализуют — ответ природы.

С0 — Область

С0.1 — Декларация зависимости

This work depends explicitly and exclusively on the physical results established in
Статья А and Статья В.

Предполагается как данное:

необратимость as loss of reachability under допустимое управление (Статья А),
the existence of поверхность невозврата induced by bounded capacity (Статья А),
селекция, if it exists, as a costly, rate-limited exclusion process acting after
необратимость (Статья В).

Статья С requires only that селекция produces confinement to a single сектор
записей; it не depend on the mechanism, rate, or statistics of селекция.

Ни один физический конструкт не переопределяется и не перевыводится.

**Cross-reference note. The ядро жизнеспособности $Viab(R)$ used throughout
эта статья (Статья А, Определение D7) corresponds, in the quantum setting,
to the восстановимое множество $K\varepsilon(\mathcal{O})$ (Статья А, Определение D12).**

Статья С operates entirely within a single realized сектор записей, so the relevant
constraint set R is the set of states accessible to the system after селекция, not the
full quantum state space.

С0.2 — Назначение

Статья С addresses a question that не является physical in origin, but structural in
consequence:

Given необратимый physics and costly definiteness, how can controlled behavior persist within a single realized сектор записей?

Agency is treated not as intention, belief, or choice, but as a control property — a number you can compute of a system evolving under необратимый constraints.

С0.3 — Жёсткие неутверждения

Статья не: • introduce new physical laws, • modify or reinterpret квантовая механика, • explain why селекция occurs, • invoke psychology, motivation, ethics, or meaning,

• предоставлять предписания или нормативное руководство.

Крах Статья С не invalidate Papers A or B.

С1 — Агентность как геометрическая управляющая величина

С1.1 — Определение of Agency

Within a single realized сектор записей, define агентность as:

The fraction of the ядро жизнеспособности reachable from the current state under допустимое управление.

Let $x(t)$ denote the system state confined to a realized сектор записей.

Let $Viab(R)$ be the ядро жизнеспособности defined in Статья A relative to допустимое управления, and let $Reach(x)$ be the set of states reachable from x under those controls.

Определим, где μ — натуральная объёмная мера, индуцированная метрикой пространства состояний, и $\text{Viab}(\mathbf{R})$ имеет конечную положительную меру.

The normalization ensures $\mathcal{M} \in [0, 1]$, with $\mathcal{M} = 1$ when the entire ядро жизнеспособности is reachable and $\mathcal{M} = 0$ at the поверхность невозврата where no viable future remains.

Предположения монотонности и регулярности. Мера μ монотонна по включению множеств: если $\mathbf{S}_1 \subseteq \mathbf{S}_2$, то $\mu(\mathbf{S}_1) \leq \mu(\mathbf{S}_2)$.

Анализ предполагает, что $\text{Reach}(x)$ непрерывно варьируется с x в метрике Хаусдорфа на компактных подмножествах пространства состояний, обеспечивая непрерывность \mathcal{M} .

These are standard regularity conditions in теории жизнеспособности (Aubin, 1991) and are not additional physical assumptions.

C1.2 — Управляющий авторитет

Let допустимое управление $u(t) \in U$ be bounded by physical and energetic constraints. Control authority is determined by:

Bandwidth: the maximal rate at which control can counteract необратимый дрейф,

Достижимость: оставшийся объём $\text{Viab}(\mathbf{R})$, доступный из $x(t)$,

Запас: время до границы из $x(t)$ при нулевом управлении (формально определено в C8.1).

Limit condition. By определение of $\Sigma_{NR} = \partial \text{Viab}(\mathbf{R})$ and continuity of $\mu(\text{Reach}(\cdot) \cap \text{Viab}(\mathbf{R}))$ as a function of state (guaranteed by the Hausdorff regularity assumption above):

На границе остаётся единственная будущая траектория.

C2 — Дрейф как следствие необратимости

C2.1 — Необратимый дрейф

For open systems with nonzero необратимый дрейф, ordered states decay toward loss of structure in the absence of sustained control.

This follows directly from bounded управляющая ёмкость and the operator-horizon result of Статья А (Теорема Т2); it не является an independent axiom.

C2.2 — Базовая динамика

Absent control ($u = 0$), the system evolves as where $f(x)$ is the необратимый поле дрейфа pointing toward an attractor of structural loss (equilibrium, failure, or saturation).

The scalar decay model of Статья А ($dx/dt = -ax + u$) is a special case of this general form.

Утверждение C2.1 (Agency decay under дрейф — the mathematical expression of what you already know: everything falls apart without maintenance). Let $x(t)$ evolve under $dx/dt = f(x) + u$ with $u(t) \in U$, and suppose the поле дрейфа f points inward toward an attractor $x^* \notin \text{Viab}(R)$.

If $|f(x)| \geq a\|x - x^*\|$ for some $a > 0$ (linear lower bound on дрейф), and if $\mu(\text{Reach}(x) \cap \text{Viab}(R))$ is Lipschitz in x with constant L , then along any trajectory with $|u(t)| \leq u_{\max}$:

When the system is far from the attractor ($\|x - x^*\| > u_{\max}/a$), the right-hand side is strictly negative: агентность decreases regardless of control.

This reproduces the операторный горизонт result of Статья А (Теорема Т2) in the агентность framework and quantifies the rate of агентность loss beyond the horizon.

Набросок доказательства. $d\mathcal{M}/dt = (d/dt)[\mu(\text{Reach}(x) \cap \text{Viab}(R))]/\mu(\text{Viab}(R))$. By Lipschitz continuity, $|\Delta\mu| \leq L|\Delta x|$. The state velocity is $|dx/dt| = |f(x) + u| \leq |f(x)| + |u|$.

The дрейф pushes toward x (reducing Reach), while control pushes away (expanding it). Net rate: $d\mathcal{M}/dt \leq L(|u| - |f(x)|)/\mu(\text{Viab}(R)) \leq L(u_{\max} - a\|x - x\|)/\mu(\text{Viab}(R))$. \square C3 – Necessary Conditions for Agency Preservation

C3.1 – Непрерывная стоимость управления

For open systems with $f(x) \neq 0$ away from fixed points, maintaining distance from Σ_{NR} requires continuous expenditure of управляющее усилие. Except at exact fixed points of f , no finite intervention permanently arrests дрейф.

Such fixed points, if they exist, may themselves lie outside $\text{Viab}(R)$ or require sustained control to reach; their existence не generally provide a cost-free maintenance strategy.

C3.2 – Эффективность управления, обусловленная дисперсией

Утверждение (conditional). For допустимое управление systems in which instantaneous control cost $c(u)$ is convex in $|u|$, low-variance control trajectories preserve $\mathcal{M}(x)$ more effectively than high-variance or impulsive strategies with the same mean управляющее усилие.

Набросок доказательства. For convex c , Jensen's inequality gives $\mathbb{Z}[c(u)] \geq c(\mathbb{Z}[u])$.

Variable control with fixed mean effort therefore incurs greater cumulative cost than constant control at the mean level, depleting the бюджет управления $V(t)$ (defined in C5.1) more rapidly and thereby reducing reachable объём жизнеспособности. \square

Следствие C3.1a (Maintenance condition). For the scalar system $dx/dt = -ax + u$ with $a > 0$ and $u \in [0, u_{\max}]$, the агентность $\mathcal{M}(x)$ is maintained ($d\mathcal{M}/dt = 0$) тогда и только тогда, когда $u = ax$, i.e., control exactly balances дрейф.

This requires $x \leq u_{\max}/a = x_h$ (the операторный горизонт). For $x > x_h$, no допустимое управление can maintain \mathcal{M} , and $d\mathcal{M}/dt < 0$ strictly.

The maintenance condition is the агентность-framework restatement of Статья A's Теорема T2: the horizon is the boundary between maintainable and inevitably decaying агентность.

C4 — Геометрия невозврата в реализованном секторе

C4.1 — Геометрия горизонта

The операторный горизонт from Статья А (Теорема T2, Определение D9) applies strictly within a realized сектор записей. Crossing this boundary removes states from $Viab(R)$.

C4.2 — Крах как поглощающее состояние

Крах определяется как $x \notin Viab(R)$

Once this occurs, recovery is impossible under допустимое управление. Ruin is a geometric property of state space, not a subjective condition.

Разобранный пример: No-Return Geometry in a 2D Linear System

Consider a two-dimensional system with state $x = (x_1, x_2) \in \mathbb{R}^2$, дрейф $f(x) = (-a_1x_1, -a_2x_2)$ with $a_1, a_2 > 0$, and control $u = (u_1, u_2) \in [0, u_1^{\max}] \times [0, u_2^{\max}]$.

Ограничительное множество $R = \{x : x_1 \geq 0, x_2 \geq 0\}$.

The ядро жизнеспособности is the rectangle $Viab(R) = [0, x_{1h}] \times [0, x_{2h}]$ where $x_{ih} = u_i^{\max}/a_i$ is the per-axis операторный горизонт.

The поверхность невозврата Σ_{NR} is the boundary of this rectangle: any state with $x_1 > x_{1h}$ or $x_2 > x_{2h}$ is in the бассейн захвата and will be driven to the boundary regardless of control.

Вычисление агентности. Для состояния $x = (x_1, x_2)$ внутри $Viab(R)$ достижимое множество внутри $Viab(R)$: $Reach(x) \cap Viab(R) = [0, \min(x_1 + u_1^{\max}/a_1, x_{1h})] \times [0, \min(x_2 + u_2^{\max}/a_2, x_{2h})]$ (для стационарной достижимости).

The normalized агентность is $\mathcal{M}(x) = \mu(Reach(x) \cap Viab(R))/\mu(Viab(R))$. At the origin, $\mathcal{M} = (u_1^{\max}/a_1)(u_2^{\max}/a_2)/(x_{1h} \cdot x_{2h}) = 1$ (full ядро жизнеспособности reachable).

В углу (x_{1h}, x_{2h}) множество $Reach$ сжимается до единственной точки, и $\mathcal{M} \rightarrow 0$.

This example illustrates three features: (i) the поверхность невозврата is axis-separable in the linear case; (ii) агентность varies continuously from 1 to 0 across the ядро жизнеспособности; (iii) position within $Viab(R)$ determines how much future flexibility remains, independent of the system's history.

C5 — Бюджеты управления и утомление

C5.1 — Control Budget Define the бюджет управления:

Experimental instantiation: E. coli chemotaxis in a microfluidic gradient chamber. The агентность framework maps directly to a concrete biological system. State space: cell position and internal chemotactic signalling state within the gradient.

Ядро жизнеспособности: область камеры, где концентрация питательных веществ поддерживает рост (позиции с [питательное вещество] > порог).

Drift: dt. и т.т.к. usion and fluid flow carry cells toward the nutrient-depleted zone ($f(x) \neq 0$). Control: chemotactic swimming ($u \in U$, bounded by flagellar motor torque and tumble rate).

Operator horizon: the position beyond which maximum chemotactic swimming не может overcome the flow rate — $x_h = u_{\max}/a$ where a is the effective advection rate.

Budget: internal energy reserves (ATP, proton-motive force) that deplete with swimming effort. Fatigue: as reserves approach zero, flagellar motor stalls; control ceases. Noise: Brownian motion and tumble стохастическийity consume control bandwidth without expanding reachable set.

Ruin: cell exits the viable nutrient zone; no допустимый swimming restores it.

Запас: время до вымывания при текущей позиции и скорости потока при отсутствии плавания.

Фальсификатор (C10.1, condition 1): if a non-motile mutant ($u_{\max} = 0$) maintains its position in the gradient without external intervention, агентность as defined here is фальсифицирован — reach grew without control expenditure.

Фальсификатор (C10.1, condition 4): if a motile cell with finite ATP reserve persists indefinitely in a persistent nutrient gradient flow, the время выживания bound (Теорема C5.1) is фальсифицирован.

Every construct in Статья C — дрейф, control, horizon, budget, fatigue, noise, slack, ruin — maps to a measurable variable in this system.

Эксперименты в пределах возможностей стандартных микрофлюидных лабораторий. где $c(u)$ — мгновенная стоимость управления, и $B_0 > 0$ — начальный бюджет. Допустимое управление требует $B(t) \geq 0$.

C5.2 — Управляющее утомление

Управляющее утомление наступает при $B(t) \rightarrow 0$. Высокочастотное или высокоамплитудное управление ускоряет истощение $B(t)$, уменьшая $\mathcal{M}(x)$.

By Утверждение C3.2, impulsive strategies with convex cost deplete the budget strictly faster than steady control at the same mean effort.

Теорема C5.1 (Survival time bound). Let $x(t)$ evolve under $dx/dt = f(x) + u$ with $u(t) \in U$ and control cost $c(u) \geq c_{\min} > 0$ для всех $u \neq 0$. Let $B(t) = B_0 - \int_0^t c(u(s)) ds$ be the бюджет управления.

Define the время выживания T as the first time at which either $B(T) = 0$ or $x(T^*) \notin \text{Viab}(R)$. Then:

Доказательство. Поскольку $c(u) \geq c_{\min}$ для любого ненулевого управления, бюджет истощается со скоростью $dB/dt = -c(u) \leq -c_{\min}$ всякий раз, когда система активно управляется.

If the system requires continuous control to remain in $\text{Viab}(R)$ (i.e., $f(x)$ points outward at x для всех x on the trajectory), then control должен быть nonzero for the entire survival period, giving $B(T) = B_0 - \int_0^T c(u) ds \leq B_0 - c_{\min} \cdot T^*$.

Полагая $B(T) = 0$, получаем $T \leq B_0/c_{\min}$. \square

The bound is tight for constant minimal-cost control. It establishes that finite budgets imply finite survival: no system with bounded resources can maintain агентность indefinitely against persistent дрейф.

The bound не depend on the дрейф rate a , only on the control cost floor.

Faster дрейф depletes the budget faster (higher u needed), but the absolute bound is set by the budget-to-cost ratio.

Разобраный пример (скалярная система). Для $dx/dt = -ax + u$ с $a = 1$, $u_{\max} = 2$, $c(u) = u$ (линейная стоимость), $B_0 = 10$ и начальным состоянием $x_0 = 1,5$ (внутри $Viab(R) = [0, 2]$): поддержание $x = 1,5$ требует $u = ax = 1,5$, стоимостью $c = 1,5$ за единицу времени.

Время выживания: $T^* = B_0/c = 10/1,5 \approx 6,67$ единиц времени.

После исчерпания бюджета $u = 0$ и x экспоненциально затухает к 0 . Система входит в крах, когда не может достичь никакой цели внутри $Viab(R)$. С6 — Шум и тишина

С6.1 — Шум

Noise is defined as exogenous or стохастический input to the system dynamics that не является under допустимое управление and that consumes control bandwidth without increasing $Reach(x) \cap Viab(R)$.

Formally, noise is any perturbation $\xi(t)$ added to the поле дрейфа, $f(x) \rightarrow f(x) + \xi(t)$, where ξ не является an element of the допустимое управление set U .

Утверждение С6.1 (Noise-induced агентность decay). Let the system evolve under $dx/dt = f(x) + u + \xi(t)$ where ξ is a zero-mean стохастический forcing with $E[\xi] = 0$ and $E[\xi^2] = \sigma^2$.

If the system must expend additional control Δu to compensate for ξ , then your effective budget depletion rate increases: $dB/dt = -c(u + \Delta u) \leq -c(u) - \alpha\sigma^2$ for some $\alpha > 0$ depending on the convexity of c . Следовательно, noise reduces your время выживания: $T_{\text{noisy}} \leq B_0/(c_{\min} + \alpha\sigma^2) < T_{\text{quiet}}$.

Noise taxes your бюджет управления without expanding reachable объём жизнеспособности.

С6.2 — Тишина

Withholding response ($u(t) = 0$) is an допустимое управление action. When the поле дрейфа $f(x)$ is slow or favorable (directed away from Σ_{NR}), silence preserves бюджет управления at no агентность cost.

This не является inaction in the colloquial sense; it is the optimal control policy when the marginal агентность cost of intervention exceeds the агентность cost of дрейф.

Formally, silence is preferred when $c(u)/|\partial\mathcal{M}/\partial u| > |d\mathcal{M}/dt|_{u=0}$, i.e., when the budget cost per unit of агентность preservation exceeds the дрейф-induced агентность loss rate.

In noise-dominated regimes, silence may also prevent noise-amplifying feedback loops in which управляющее усилие introduces additional disturbance. C7 — Coupling and Rescue

C7.1 — Связанные системы и перенос агентности

When systems are coupled, their поле дрейфas combine and control capacities load jointly. Agency transfer occurs when, under coupled dynamics:

indicating expansion of reachable viability for system A at the expense of system B. The total агентность of the coupled system не является conserved.

This не является an assumption; it follows from the geometry of $Viab(R)$ under связанность.

C7.2 — Нестабильность спасения (достаточное условие)

“Rescue” is связанность a stabilized system A to a divergent system B to offset B’s дрейф using A’s управляющая ёмкость. Let $|\cdot|$ denote the norm induced by the coupled dynamics on the joint state space.

Достаточное условие совместной потери жизнеспособности: $|f_a| + |f_b| > |u_a|_{\max} + |u_b|_{\max}$

Under this condition, the total дрейф magnitude exceeds the total available control, and the coupled system approaches ΣNR faster than either system in isolation.

This is a sufficient, not necessary, condition; directional alignment of дрейф and control fields may permit stability even when this scalar inequality holds.

Non-conservation: two examples. (1) Cooperative связанность. Two scalar systems with дрейф $a = 1$, $u_{\max} = 1$ each, coupled so that each contributes control to the other.

If the связанность allows total управляющая ёмкость to be shared: effective u_{\max} per system = 2, x_h doubles for both. $\mathcal{M}_A + \mathcal{M}_B$ increases. Coupling creates агентность.

(2) Parasitic связанность. System A ($a = 1$, $u_{\max} = 2$) is coupled to system B ($a = 3$, $u_{\max} = 0$).

B diverts A's управляющая ёмкость: effective u_{\max} for A drops to 1, while B still не может sustain itself ($3 > 1$). Both systems lose агентность: $\mathcal{M}_A + \mathcal{M}_B$ decreases. Coupling destroys агентность.

These examples demonstrate that агентность transfer не является zero-sum. The связанность topology and the relative дрейф-to-control ratios determine whether joint агентность expands, contracts, or redistributes. No conservation law governs total агентность.

C8 — Запас и робастность

C8.1 — Запас

Запас определяется как минимальное время достижения ΣNR при нулевом управлении: где ϕ_t — неуправляемый поток, порождённый $f(x)$.

Slack measures time-to-boundary, not Euclidean distance, and is the операциональный relevant quantity for assessing control margin. Greater slack increases the time window available for corrective control and absorbs perturbations.

Утверждение C8.1 (Scalar Slack-Agency Correspondence). For the scalar system $dx/dt = -ax + u$ with $u \in [0, u_{\max}]$, the slack $s(x) = x/a$ (time to reach $x = 0$ under zero control) and the horizon $x_h = u_{\max}/a$ satisfy: $\mathcal{M}(x)$ is monotonically increasing in $s(x)$ for $x \in [0, x_h]$.

Greater slack implies greater агентность. You have felt this — the difference between having three months of savings and having three days.

At $s = 0$ (boundary), $\mathcal{M} = 0$. At $s = x_0/a$ (maximal slack at origin), $\mathcal{M} = 1$. Slack is the operationally measurable proxy for агентность in systems where direct computation of $\text{Reach}(x) \cap \text{Viab}(R)$ is intractable.

In higher dimensions or systems with non-convex constraints, slack is a necessary but not sufficient condition for агентность: a state may have large time-to-boundary under zero control yet be surrounded by regions from which no viable trajectory exists (geometric cul-de-sacs).

C8.2 — Избыточность

A system has redundancy $r \geq 1$ with respect to a target state $x \in \text{Viab}(R)$ if there exist at least r distinct допустимое управление trajectories reaching x from the current state while remaining within $\text{Viab}(R)$.

Redundancy reduces sensitivity of viable trajectories to perturbations in $f(x)$ and $u(t)$. Higher redundancy increases robustness at the cost of efficiency, since maintaining multiple viable pathways consumes управляющая ёмкость that could otherwise extend reachability.

C9 — Выход как управляющий результат

C9.1 — Отход

When $\mathcal{M}(x(t))$ decreases monotonically under all допустимое управление in a coupled system, десвязанность preserves more reachable объём жизнеспособности than continued связанность.

This holds when the coupled дрейф exceeds the joint управляющая ёмкость (C7.2), so that десвязанность removes the excess дрейф load. Exit is therefore a control outcome implied by reachability geometry, not a prescription.

C9.2 — Среды, рассеивающие агентность

An environment is агентность-dissipative if, для всех допустимое управления:

Persistence in such an environment strictly reduces reachable объём жизнеспособности. This is a geometric characterization, not a recommendation.

Утверждение C9.1 (Десвязанность condition). Let systems A and B be coupled with joint dynamics.

Десвязанность is агентность-preserving for A тогда и только тогда, когда the coupled дрейф acting on A exceeds A's isolated дрейф: $|f_{\text{coupled},A}(x)| > |f_A(x)|$.

That is, десвязанность is preferred when the связанность increases the effective дрейф on A beyond what A experiences in isolation.

You know this. The relationship that costs more energy to maintain than it provides is a relationship that increases your дрейф. The mathematics says: leave. Not because leaving is morally right.

Because the geometry of your ядро жизнеспособности contracts while you stay. This is a necessary and sufficient condition for десвязанность to instantaneously increase dM_A/dt .

It не account for future ресвязанность opportunities or transient effects. C10 — Falsifiability and Closure

C10.1 — Фальсификаторс

Статья C is фальсифицирован if:

FC1: $M(x)$ возрастает без соответствующих управляющих затрат (нарушает C5.1).

FC2: Irreversible loss of reachability is reversed without external intervention violating the admissibility constraints of Статья A.

FC3: Stable control persists beyond Σ_{NR} under допустимое управление (violates C4.2).

FC4 (Free lunch): A system maintains $\mathcal{M}(x) > 0$ indefinitely with B_0 finite and no external resource input, in the presence of persistent nonzero дрейф. This violates Теорема C5.1.

FC5 (Resurrection): A system recovers $\mathcal{M}(x) > 0$ after reaching $\mathcal{M} = 0$ (ruin) without external intervention that violates the admissibility constraints of Статья А. This violates C4.2.

C10.2 — Замыкание

Статья C introduces no new physics. It applies the необратимый and selective constraints of Papers A and B to controlled dynamics within a realized сектор записей.

Идентификация конкретных систем, реализующих эти ограничения — биологических, инженерных или иных — рассматривается отдельно.

Расширение этого аргумента невозможно без новых физических допущений.

Экспериментальная реализация

The определений and утверждений of Статья C are abstract теоретико-управленческий structures. They become empirically meaningful when instantiated in concrete systems.

Two candidate systems are outlined below, one biological and one engineered, to demonstrate that the argument makes операциональный testable predictions.

System 1: Bacterial chemotaxis. A bacterium navigating a nutrient gradient instantiates the scalar control model. State: nutrient concentration at cell location. Drift: dt и т.т.к.usion-driven nutrient depletion ($a > 0$).

Control: flagellar motor switching ($u \in \{\text{run, tumble}\}$). Budget: metabolic energy store (ATP). Viability kernel: nutrient concentrations supporting growth. No-return surface: starvation threshold below which metabolic shutdown is необратимый.

Testable prediction: время выживания scales with initial metabolic reserve divided by maintenance metabolic rate (Теорема C5.1). Noise: Brownian rotational dt и т.т.к.usion acts as стохастический forcing ξ , taxing the бюджет управления (Утверждение C6.1).

Наблюдаемое: mean время выживания decreases with increasing environmental noise, controlling for nutrient availability.

Система 2: Автономная робототехническая навигация. Робот на батареях, избегающий препятствий, реализует 2D-модель управления. Состояние: (позиция, уровень батареи) $\in \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}_+$. Дрейф: гравитационный или наклон рельефа.

Управление: момент двигателя ($u \in U$, ограниченный ёмкостью двигателя). Бюджет: заряд батареи (B_0). Ядро жизнеспособности: состояния, из которых робот может добраться до зарядной станции до разрядки батареи.

No-return surface: states where remaining battery is insufficient to reach any charger under optimal control. Testable prediction: the robot's reachable viable set shrinks monotonically as battery depletes (Утверждение C2.1).

Slack: time-to-boundary under zero motor input = coasting distance / terrain slope. Наблюдаемое: optimal control policies should exploit silence (zero motor) on favorable slopes, consistent with C6.2.

These instantiations are not metaphors. Each maps the abstract quantities (\mathcal{M} , B , s , Σ_{NR}) to physically measurable variables with quantitative predictions. Крах the predictions in either system falsifies the corresponding утверждения of Статья C.

C11 — Структурное замыкание

Вместе трилогия устанавливает послойную однонаправленную цепь зависимости:

Статья A: необратимость as loss of reachability under bounded control. Defines состояние актуализации, proves monotonicity under декогерирующая динамика, and establishes поверхность невозврата. Independent of Papers B and C.

Статья B: селекция as costly, rate-limited, необратимый exclusion of alternative сектор записей, if it exists. Derives structural requirements and a фальсифицируемый gravitational rate bound. Зависит от Статья A; independent of Статья C.

Статья C: агентность as normalized reachable объём жизнеспособности under your constrained control within a single realized сектор записей.

Establishes утверждения on агентность decay under дрейф (C2.1), время выживания bounds (C5.1), noise-induced depletion (C6.1), non-conservation under связанность (C7), and slack-агентность correspondence (C8.1). Provides разобранный примерs and experimental instantiations in biological and engineered systems.

Зависит от Статья A; uses outcome of Статья B but not its mechanism.

Крах Статья C не invalidate Статья B. Крах Статья B не invalidate Статья A. Each layer is независимо фальсифицируемый.

Остальное эмпирично: какие системы реализуют эти структуры и насколько точно.

Конец Статья C. Статья C — Канонический справочник заблокирован ·
Исполнение завершено

Статья D Coupled Viability

Структурные условия для многоагентной устойчивости при необратимой динамике Зависит от Статей A, B и C

Статья D extends связанность to multi-agent systems. It зависит от Papers A, B, and C and ничего более. Крах Статья D не invalidate Papers A, B, or C.

[Статья D content follows — see standalone document]

Статья D

Связанная жизнеспособность: структурные условия для многоагентной устойчивости при необратимой динамике

Dependent on: Статья A — состояние актуализации Статья B — Selection as Irreversible Exclusion Статья C — Agency as Constrained Control

D0 — Зависимость, область и перекрытие

D0.1 — Декларация зависимости

Статья D depends explicitly and exclusively on the results of Papers A, B, and C.

Предполагается как данное:

состояние актуализации as an операциональный measure of необратимость со структурой записей (Статья A).

Selection as costly, rate-limited exclusion to definiteness, if it exists (Статья B).

Agency as normalized reachable объём жизнеспособности under constrained control within a single realized сектор записей (Статья C).

Ни один конструкт из Статей A, B или C не переопределяется и не перевыводится.

Крах Статья D не invalidate any prior paper.

D0.2 — Назначение

Статья D addresses: Given multiple agents, each described by Статья C's formalism, operating within shared constraint environments under необратимый physics, what are the structural conditions for persistent joint dynamics, and what forms of emergent order are допустимый?

This is a question about the geometry of coupled ядро жизнеспособности under дрейф.

It не является a question about society, cooperation, or morality.

D0.3 – Позиционирование относительно существующей литературы

Multi-agent теория жизнеспособности exists. Aubin, Bayen, Saint-Pierre, and colleagues have developed the mathematics of ядро жизнеспособности for связанные системы, dt. и т.т.к.ifferential games, and multi-agent control.

The contribution of Статья D не является in proving new viability теоремас.

It is in applying теория жизнеспособности to the specific structure of необратимость (Статья А), селекция (Статья В), and агентность (Статья С).

The results are constraints derived from physical необратимость and record structure, not abstract control theory.

Статья D не является evolutionary game theory. It не invoke fitness, replication, or селекция pressure.

Статья D не является multi-agent reinforcement learning. It не invoke reward signals, policy gradients, or learning.

Статья D не является mechanism design. It не invoke incentive compatibility, revelation principles, or social welfare functions.

Статья D is viability geometry applied to physically необратимый, record-structured, агентность-bearing связанные системы.

D0.4 — Жёсткие неутверждения

Статья не:

Введение новых физических законов.

Модификация или переинтерпретация квантовой механики.

Привлекать психологию, мотивацию, этику, ценности, смысл или сознание.

Предположение рациональности, оптимизации или максимизации приспособленности.

Моделирование коммуникации, сигнализации или стратегического переговора.

Выведение эволюционной приспособленности.

Предложение нормативного руководства или предписаний.

Утверждать, что возникающие структуры спроектированы, предназначены или целенаправленны.

Утверждать, что социальные структуры возникают только из ограничений жизнеспособности.

Крах Статья D не invalidate Papers A, B, or C.

D0.5 — Loaded Terms: Geometric

Определения

Several terms in Статья D carry normative or sociological connotations in ordinary language. Each receives a strict geometric определение at first appearance. No connotation beyond the определение is implied.

“Cooperation” — a geometric condition where mutual записьные экстерналии expand joint viability. No intention, reciprocity, or payoff implied.

“Hierarchy” — asymmetric связанность where higher-capacity agents’ записьные экстерналии dominate the constraint landscape of lower-capacity agents. A consequence of scale asymmetry.

“Deterrence” — a связанность configuration where the cost of unilateral десвязанность exceeds the cost of continued связанность for both agents. A viability geometry.

“Impedance” — the ratio of управляющий авторитет to дрейф rate: $Z = u_{\max} / a$. Two agents are импеданс-matched when their операторный горизонты are comparable.

«Резонанс» — частотная и фазовая совместимость между связанными стратегиями управления. Конструктивный резонанс расширяет совместную жизнеспособность; деструктивный сужает.

D1 — Общие ограничительные среды

D1.1 — Общая область жизнеспособности

When multiple agents operate within a common physical environment, their individual *ядро жизнеспособности* may overlap.

Совместное пространство состояний — произведение индивидуальных пространств состояний.

The joint dynamics are defined by the individual *поле дрейfas*, the individual control sets, and the *связанность* terms that transmit the effect of one agent's actions onto another's *дрейф*.

The joint *ядро жизнеспособности* is the set of joint states from which *существует* a joint *допустимое управление* strategy that maintains all agents within their individual viability constraints *для всех* future time.

The shared viability domain is the projection of the joint *ядро жизнеспособности* onto the shared constraint dimensions. It is the region of the common environment in which joint persistence is geometrically possible.

Structural assumption: Agents share constraint dimensions. They operate in a common physical environment whose state is affected by the actions of all agents. This is the defining condition for being in a shared constraint environment. If agents' state spaces are fully orthogonal (no shared dimensions), they are uncoupled and Статъя D не apply.

This assumption не является а теорема. It is a scope condition. Статъя D analyzes systems that satisfy it.

D1.2 — Ограничительная связанность

Статья C (C7) treats связанность as direct energy and control transfer between two systems.

Статья D introduces a second связанность mode: constraint связанность. When Agent A's actions modify the shared environment in a way that alters Agent B's поле дрейфа, control set, or ядро жизнеспособности, the agents are constraint-coupled.

No direct energy exchange is required. The связанность operates through the shared constraint landscape.

Example: Robot A occupies the charging station. Robot B's допустимый trajectories contract (it не может charge). No energy flowed from A to B. But B's reachable set changed because A's action modified the shared environment.

Scope: Pairwise связанность as base analysis. Network effects modeled as cascades through pairwise links. Testable with 3-agent systems (minimal non-trivial network).

D1.3 — Записевые экстерналии (принцип геометрического исключения)

Определение (Record-Writing Action):

An необратимый action by Agent A whose recorded environmental change lies in the shared constraint coordinates (e), and which modifies B's допустимый dynamics $f_B(\cdot; e)$ or допустимое управление set $R_B(e)$.

Общие координаты ограничения — измерения пространства состояний окружения, входящие в динамику или ограничения B.

Принцип геометрического исключения:

For coupled agents with $K_A \cap K_B \neq \emptyset$, if Agent A performs a записывающее действие that changes the shared constraint coordinates on which B's viability depends, then K_B changes, and $\mu(K_B)$ changes generically (Следствие D1.3).

Предположение о невырожденности:

The map $e \mapsto K_B(e)$ is non-degenerate: the ядро жизнеспособности boundary ∂K_B depends smoothly on e , and the constraint surface intersects the kernel boundary transversally.

Это исключает патологические случаи, где изменение окружения целиком внутри ядра, не производя изменения границы.

Доказательство:

(1) A's записывающее действие irreversibly modifies the shared constraint coordinates $e \rightarrow e'$ (by определение of записывающее действие and Статья B's необратимость).

(2) B's ядро жизнеспособности is a function of the shared constraint coordinates: $K_B = K_B(e)$.

Since B's допустимый dynamics or control set depend on e (by определение), and the kernel boundary depends smoothly on e (by the non-degeneracy assumption), changing e changes the set of states from which B can persist.

(3) При предположении о невырожденности $K_B(e') \neq K_B(e)$. Условие трансверсальности гарантирует, что граница смещается при возмущении e .

Изменение может быть положительным (расширение) или отрицательным (сжатие), в зависимости от направления $e \rightarrow e'$ относительно ограничительной поверхности B.

(4) Sign classification: if e' tightens B's constraints (reduces B's control set or increases B's дрейф), K_B contracts (negative externality). If e' loosens B's constraints, K_B expands (positive externality).

(5) $\mu(K_B)$ changes generically: by the transversality теорема, the set of e' for which $K_B(e') \neq K_B(e)$ but $\mu(K_B(e')) = \mu(K_B(e))$ (volume-preserving deformations) has measure zero in the space of допустимый environmental changes.

This is the content of Следствие D1.3. \square

Следствие D1.3 (Genericity of Non-Neutrality):

In smooth families of *связанность* maps, the set of *записывающее* actions that produce exactly zero change in $\mu(K_B)$ has measure zero. Neutral externality requires parameter-level fine-tuning. This holds under the same non-degeneracy assumption stated above.

Фальсификатор D1 (No Free Survival):

If Agent A exerts a negative record externality on Agent B (measured as decrease in $\mu(K_B)$), and Agent B increases its агентность \mathcal{M}_B (Статья C measure) without: (a) severing связанность, (b) increasing its бюджет управления $u_{\{B, \max\}}$, or (c) receiving compensating positive externalities from a third agent, the argument is фальсифицирован.

Scope boundary. The measure-zero neutrality result (Следствие D1.3) зависит от smoothness of the связанность map and regularity (C^2) of the ядро жизнеспособности boundary.

If the связанность map is non-smooth or the kernel boundary contains cusps, corners, or discontinuities, the transversality argument may fail and non-neutral actions could have positive measure.

This is an explicit scope limitation: Статья D's genericity claims apply to smooth families of связанность maps with regular kernel boundaries.

A further exception arises in systems with continuous symmetries (e.g., rotational invariance) where записывающее действия correspond to symmetry operations that preserve the viable volume by construction. Outside of such symmetry-protected subspaces, non-neutrality is generic.

D2 — Композиция агентности

D2.1 — Совместная агентность и неаддитивность

Статья C established that агентность is non-conservative under связанность (C7.1).

Статья D extends this to N agents.

Определение (Joint Agency):

Joint агентность $\mathcal{M}_{\text{joint}}$ is defined as the объём жизнеспособности of the joint state space under joint допустимое управление, normalized by the total joint ядро жизнеспособности.

The measure \mathcal{M} is inherited from Статья C's Определение D5, applied to the product state space $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_N$.

Утверждение D2.1: Joint агентность is non-additive. $\mathcal{M}_{\text{joint}} \neq \Sigma \mathcal{M}_i$ in general.

The non-additivity term зависит от: (a) alignment of individual поле дрейфас, and (b) compatibility of individual control sets.

Joint агентность is superadditive ($\mathcal{M}_{\text{joint}} > \Sigma \mathcal{M}_i$) when поле дрейфас are anti-aligned (agents face complementary threats) and control sets are compatible.

Joint агентность is subadditive ($\mathcal{M}_{\text{joint}} < \Sigma \mathcal{M}_i$) when поле дрейфас are co-aligned (agents face the same threat simultaneously) or control sets conflict.

Набросок доказательства (by construction):

Superadditive witness: Two scalar systems, each with дрейф $a = 1$ and $u_{\max} = 1$.
Uncoupled, each has $\mathcal{M}_i = \text{объём жизнеспособности}$ of its individual kernel.

Coupled cooperatively (Статья С, С7.1, cooperative example), shared управляющая ёмкость yields effective $u_{\max} = 2$ per system.

The joint ядро жизнеспособности expands: $\mathcal{M}_{\text{joint}} > \mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_2$. This is the cooperative связанность case from Статья С.

Subadditive witness: System A ($a = 1$, $u_{\max} = 2$) coupled parasitically to system B ($a = 3$, $u_{\max} = 0$). B diverts A's управляющая ёмкость.

Effective u_{\max} for A drops to 1. The joint ядро жизнеспособности contracts:
 $\mathcal{M}_{\text{joint}} < \mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_2$. This is the parasitic связанность case from Статья С.

Since both strict inequality directions are realizable, $\mathcal{M}_{\text{joint}} \neq \Sigma \mathcal{M}_i$ in general. The sign зависит от дрейф alignment and control compatibility. \square

D2.2 — Согласование импеданса

Определение:

Impedance $Z_i \equiv u_{\{i,\max\}} / a_i$, where $u_{\{i,\max\}}$ is maximum управляющий авторитет and a_i is дрейф rate. This mirrors the операторный горизонт (Статья А, Теорема Т2).

Временная шкала дрейфа:

$\tau_i = 1/a_i$. The characteristic time for Agent i 's дрейф to carry it a significant distance toward its поверхность невозврата.

Когда $Z_i \neq Z_j$, возникают три различных режима отказа:

Режим отказа А (первичный): несовпадение сроков.

The low-Z agent has short slack (small τ , little time-to-ruin). Help must arrive before the **поверхность невозврата** is crossed.

If the high-Z agent's response delay exceeds the low-Z agent's remaining slack, the help arrives after **невозврат**. Control effort applied after **невозврат** produces zero viability gain.

This is the primary failure mode because **невозврат** geometry makes time windows hard and asymmetric: once missed, the effect is permanently zero.

Режим отказа В: узкое место поглощения.

Even if help arrives in time, the low-Z agent may not be able to convert it into viability. If the limiting constraint is u_{\max} , then energy that не increase u_{\max} не change Z.

Resources delivered to a system whose bottleneck не является resources produce zero reachability gain.

Режим отказа С (вторичный): истощение бюджета высокоимпедансного агента.

Чтобы спасти агента с малым запасом, высокоимпедансный агент должен ускорить свою реакцию. Бюджет высокоимпедансного агента истощается быстрее.

This is secondary because the drain is usually caused by failure mode A: the high-Z agent spends, but the effect arrives too late or не может be converted.

Утверждение D2.2 (qualitative):

Coupling efficiency between agents i and j degrades as импеданс ratio $|Z_i/Z_j|$ deviates from unity. Waste increases with mismatch. The primary waste mechanism is управляющее усилие applied outside the low- Z agent's viable intervention window.

Гипотеза D2.2 (quantitative):

For a minimal interface model with transfer delay τ , conversion factor κ , and slack s , связанность efficiency η is bounded by the fraction of управляющее усилие deliverable within the slack window.

Кандидатная функциональная форма: $\eta \leq 1/(1 + |Z_i/Z_j - 1|)$.

This requires derivation in the specific interface model and не является claimed as a universal result.

D2.3 — Резонанс и фаза

Класс систем:

Linear periodically forced agents with scalar state x_i , symmetric pairwise
связанность κ , identical дрейф a , and sinusoidal control $u_i(t) = U \sin(\omega_i t + \varphi_i)$.

Stability condition: $a > \kappa$ (дрейф exceeds связанность strength; if $\kappa \geq a$ the sum
mode is unstable and both agents diverge regardless of phase).

Теорема D2.3 (Toy Model):

В данном классе систем мера совместного множества жизнеспособности (множества совместных начальных условий, из которых оба агента устойчивы бесконечно) максимизируется при $\omega_1 = \omega_2$ и $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$ (синфазный резонанс).

Совместное множество жизнеспособности монотонно сужается при возрастании $|\varphi_1 - \varphi_2|$ от 0 до π .

Доказательство:

Dynamics: $\dot{x}_i = -a \cdot x_i + u_i(t) + \kappa \cdot x_j$ ($i \neq j$), with viability constraint $x_i(t) \geq 0$. For identical frequencies $\omega_1 = \omega_2 = \omega$, define $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$. Define sum mode $S = x_1 + x_2$ and difference mode $D = x_1 - x_2$. These decouple:

По тригонометрическим тождествам: $\sin(\omega t + \varphi_1) + \sin(\omega t + \varphi_2) = 2 \cdot \cos(\Delta\varphi/2) \cdot \sin(\omega t + (\varphi_1 + \varphi_2)/2)$ и $\sin(\omega t + \varphi_1) - \sin(\omega t + \varphi_2) = 2 \cdot \cos(\omega t + (\varphi_1 + \varphi_2)/2) \cdot \sin(\Delta\varphi/2)$.

The effective control amplitude on the sum mode is $2U \cdot \cos(\Delta\varphi/2)$. The effective control amplitude on the difference mode is $2U \cdot |\sin(\Delta\varphi/2)|$.

The viability constraint $x_i \geq 0$ translates to $S \geq |D|$ (both components are non-negative тогда и только тогда, когда their sum exceeds the absolute value of their difference).

Joint viability therefore requires: (a) S remains large, which requires maximum control amplitude on the sum mode, and (b) $|D|$ remains small, which requires minimum forcing on the difference mode.

Условие (a) оптимизируется при $\cos(\Delta\varphi/2) = 1$, т.е. $\Delta\varphi = 0$. Условие (b) оптимизируется при $\sin(\Delta\varphi/2) = 0$, т.е. $\Delta\varphi = 0$. Оба условия одновременно оптимизируются при $\Delta\varphi = 0$ (синфазный резонанс).

Monotonic contraction: as $|\Delta\varphi|$ increases from 0 to π , $\cos(\Delta\varphi/2)$ decreases monotonically from 1 to 0 (sum-mode control weakens) and $|\sin(\Delta\varphi/2)|$ increases monotonically from 0 to 1 (difference-mode forcing strengthens).

Оба эффекта уменьшают множество начальных условий, из которых оба агента устойчивы.

At $\Delta\varphi = \pi$: $\cos(\pi/2) = 0$ (zero sum-mode control) and $|\sin(\pi/2)| = 1$ (maximum difference-mode forcing). This is the worst case. \square

Гипотеза D2.3 (General):

Для более широких классов периодически управляемых связанных агентов совместная жизнеспособность генерически максимизируется при соразмерности частот и фазовом выравнивании.

Эмпирическая сигнатура: возмущение фазового соотношения устойчивой связанной системы должно сужать совместный запас жизнеспособности (измеряемый как минимальный запас за один управляющий цикл).

Фальсификатор for Гипотеза D2.3:

If a persistent coupled system is shown to have maximum joint viability at anti-resonant phase ($\varphi_1 - \varphi_2 = \pi$) under standard связанность, the гипотеза is фальсифицирован.

D3 — Стабильные конфигурации при дрейфе

D3.1 — Композиционное равновесие

A композиционное равновесие (CE) is a joint state-control configuration in which all agents maintain positive агентность ($\mathcal{M}_i > 0$ для всех i) indefinitely, given their joint поле дрейфа and joint control constraints.

Mathematical obstacle. The two-agent sinusoidal proof (above) succeeds because the viability constraint is linear in the sum/dт. и т.т.к. erence decomposition and the control is purely periodic.

The general case resists proof for three identified reasons: (i) nonlinear связанность terms (e.g., multiplicative or saturating interactions) break the sum/dт. и т.т.к. erence десвязанность that enables the trigonometric argument; (ii) non-convexity of the joint ядро жизнеспособности under general control policies means the объём жизнеспособности не decompose into independent modal contributions; (iii) for non-periodic control strategies, the phase relationship не является a well-defined scalar parameter, and the optimisation landscape may have local maxima at non-zero phase offset.

Any proof of the general гипотеза must either restrict the связанность class (e.g., to affine or monotone связанность) or establish a variational principle on the joint объём жизнеспособности that is monotone in phase alignment.

Until such a proof exists, the гипотеза is supported by the two-agent result and by the specified фальсификатор.

CE не invoke rationality.

CE не invoke payoff maximization.

CE is a geometric fixed-point condition: the joint system remains within the interior of the joint ядро жизнеспособности.

СЕ ≠ НЕ: зарядное устройство с оператором

Система: два робота, каждый с батареей $b_i(t) \in [0, 100]$. Крах при $b_i \leq 10$.

Дрейф: батарея разряжается со скоростью 12 единиц/час (постоянно).

Условие связи: для зарядки другой робот должен крутить (работать зарядным устройством). Скорость зарядки: +30 единиц/час. Стоимость вращения: дополнительные −4 единицы/час (итого −16/час для крутящего робота). Если никто не крутит, никто не заряжается.

Композиционное равновесие: чередование.

Час 0-1: R1 заряжается, R2 крутит. R1: 100 → 100 (предел). R2: 100 → 84.

Час 1-2: R2 заряжается, R1 крутит. R2: 84 → 100 (предел). R1: 100 → 84.

Цикл повторяется. Оба колеблются между 84 и 100. Оба далеко выше порога краха (10). Устойчивость неограниченна. Это СЕ.

Нэш-отклонение: отказ от вращения.

В любой ход вращения дезертирство стоит только $-12/\text{час}$ вместо $-16/\text{час}$.

Чистый выигрыш: $+4$ единицы/час. Строгое локальное улучшение.

Если R1 дезертирует при каждом ходе вращения, но принимает вращение от R2:

Час 0–1: R1 заряжается, R2 крутит. R1: 100, R2: 84.

Час 1–2: R1 отказывает. Никто не заряжается. R1: 88, R2: 72.

Час 2–3: R1 заряжается, R2 крутит. R1: 100, R2: 56.

Час 3–4: R1 отказывает. R1: 88, R2: 44.

Час 4–5: R1 заряжается, R2 крутит. R1: 100, R2: 28.

Час 5–6: R1 отказывает. R1: 88, R2: 16.

Час 6–6,375: R2 пересекает порог краха при вращении. R2 мёртв.

Hour 6.375–13.5: R1 не может charge (no cranker). Drifts to ruin at 12/hr. R1 dead.

Результат: CE (чередование) обеспечивает бессрочное выживание. Ход Нэша (отказ крутить) — строгое локальное улучшение ($+4/\text{час}$). Ход Нэша убивает партнёра при $t \approx 6,375$ часов.

Without a partner, the defector не может charge and dies at $t \approx 13.5$ hours.

Conclusion: CE не является Nash-stable under immediate-payoff incentives. The Nash-type unilateral improvement exits the joint ядро жизнеспособности. Viability \neq utility. A rational agent can calculate its way into extinction by ignoring the операторный горизонт.

D3.2a – Необходимые условия устойчивости (при выравнивании)

Предположение (монотонное выравнивание):

All agents face дрейф toward the same boundary of the ядро жизнеспособности. No agent's дрейф partially compensates another's дрейф without control expenditure.

Предположение (регулярность):

The ядро жизнеспособности boundary is smooth (C^2). No agent's state is exactly on a cusp or non-differentiable point of the kernel boundary.

Утверждение D3.2a (Necessary Conditions):

При предположениях монотонного выравнивания и регулярности многоагентная конфигурация, устойчивая бесконечно долго, должна удовлетворять:

(N1) Aggregate управляющая ёмкость exceeds aggregate дрейф (joint операторный горизонт condition).

(N2) Impedance compatibility: agents' дрейф timescales are close enough that help can arrive within the low-Z agent's slack window.

(N3) No agent's записевые экстерналии push another past its поверхность невозврата faster than that agent can compensate (measured as: дрейф increase from externality \leq compensating управляющий авторитет).

(N4) Joint бюджет управления is sufficient to maintain all agents above ruin (total energy expenditure \leq total available budget over any finite horizon).

Крах any condition implies at least one agent reaches its поверхность невозврата in finite time (under the stated assumptions).

Доказательство необходимости (набросок):

N1 violated (aggregate дрейф exceeds aggregate control): Under monotonic alignment, all дрейф vectors point toward the same boundary. The joint system's state moves toward Σ_{NR} at net rate $\Sigma a_i - \Sigma u_{\{i,max\}} > 0$.

Since the ядро жизнеспособности has finite diameter, the boundary is reached in finite time bounded by $\text{diam}(K) / (\Sigma a_i - \Sigma u_{\{i,max\}})$. At least one agent exits.

N2 violated (импеданс incompatibility): Under monotonic alignment, the low-Z agent's дрейф carries it toward Σ_{NR} with slack $s_{low} = d(x_{low}, \Sigma_{NR}) / a_{low}$.

If the high-Z agent's minimum response delay $\tau_{response} > s_{low}$, the intervention arrives after невозврат. By Статья A's absorbing-state result, the low-Z agent не может recover.

Its время выживания T is bounded by s_{low} .

N3 violated (externality exceeds compensation): Agent i 's записывающее действие increases j 's effective дрейф by Δa_j . If $\Delta a_j > u_{\{j,max\}} - a_j$ (the remaining control margin), then j 's net дрейф becomes positive toward Σ_{NR} .

По тому же аргументу конечного диаметра, что и N1, j достигает границы за конечное время.

N4 violated (budget exhaustion): Each agent's control expenditure rate is at least a_i (the maintenance cost from Статья C, Следствие C3.1a).

If $\Sigma a_i >$ total budget rate, the aggregate budget depletes to zero in finite time. Once budget is exhausted, all agents are subject to uncontrolled дрейф and reach Σ_{NR} in finite time. \square

Область необходимости:

Under non-aligned дрейф (where agents' поле дрейф as partially cancel), configurations may persist while violating N2 (because natural cancellation reduces the effective импеданс mismatch). The necessity claim is strictly conditional on the alignment assumption.

D3.2b — Достаточные условия устойчивости (без выравнивания)

Утверждение D3.2b (Sufficient Conditions):

Следующие are достаточные условия for a multi-agent configuration to persist under необратимый дрейф, with no alignment assumption required:

(S1) Each agent независимо satisfies its single-agent viability condition (Статья C): $u_{\{i, \max\}} > a_i$ and $\text{budget} > \text{maintenance cost}$.

(S2) All pairwise записевые экстерналии are non-negative (no agent's actions contract any other agent's kernel).

(S3) Coupling is импеданс-compatible (D2.2).

(S4) Joint бюджет управления exceeds joint maintenance cost.

Under these conditions, all agents persist. No agent's kernel contracts due to связанность, and each has sufficient resources to maintain itself.

Набросок доказательства:

By S1, each agent satisfies Статьи C's single-agent viability condition независимо: $u_{\{i, \max\}} > a_i$ and budget exceeds maintenance cost.

By S2, no agent's записевые экстерналии contract any other agent's kernel, so связанность не degrade any individual viability condition. By S3, связанность is импеданс-compatible, so control transfers between agents arrive within viable intervention windows.

By S4, the joint budget sustains the joint maintenance cost indefinitely. Each agent therefore remains within its individual ядро жизнеспособности для всех time, and the joint state remains within the joint ядро жизнеспособности. \square

Note: D3.2a and D3.2b are categorically different claims. D3.2a tells you what persistent configurations must look like (under alignment). D3.2b tells you what configurations will definitely persist. Neither subsumes the other.

A configuration can satisfy D3.2b without violating D3.2a, but violating D3.2a не imply violating D3.2b, because D3.2a requires alignment assumptions that D3.2b не.

D3.3 — Нестабильность и каскадный отказ

When Agent i exits its ядро жизнеспособности ($\mathcal{M}_i = \emptyset$), and the связанность was такой что i 's control actions were partially compensating j 's дрейф, then j 's effective дрейф increases by the lost связанность contribution.

Утверждение D3.3:

Крах Agent i propagates to Agent j if the removal of i 's control contribution increases j 's effective дрейф beyond j 's remaining control margin ($u_{\{j,max\}}$).

If the new effective дрейф exceeds $u_{\{j,max\}}$, j is pushed beyond its операторный горизонт and cascades toward its own поверхность невозврата.

Containment: Cascade stops at Agent j if j has sufficient slack (s_j from C8.1) to absorb the shock before the increased дрейф pushes it past Σ_{NR} .

Falsifiable test: 3-agent system: A coupled to B coupled to C. Terminate A. Measure время выживания T_B and T_C .

The cascade condition predicts: if removal of A's contribution increases B's дрейф past $u_{\{B,max\}}$, T_B is finite. If B's failure increases C's дрейф past $u_{\{C,max\}}$, T_C is finite.

Propagation stops when the дрейф increase at an agent is less than that agent's remaining control margin.

D4 — Возникающий порядок без замысла

D4.1 — Нулевая модель и метрика порядка

Before claiming emergent order, Статья D establishes what the absence of order looks like.

Нулевая модель:

A population of agents with random (uncorrelated) control policies under the same поле дрейфа, связанность topology, initial condition distribution, and environment noise. Only survivors are analyzed.

Нулевая модель должна совпадать по всем мешающим факторам, кроме координации стратегий управления.

Метрика порядка (корреляция запаса):

Для выживших агентов измерьте индивидуальный запас $s_i(t)$ = время до краха, если управления заморожены в момент t .

Вычислите попарную кросс-корреляцию $\rho_{ij} = \text{corr}(s_i(t), s_j(t))$ по времени.

Случайные выжившие: $\rho \approx 0$ (независимые флуктуации).

Координирующие агенты: ρ значимо положительно (уровни запаса движутся согласованно).

Статистический тест:

Вычислите ρ_{obs} = среднюю попарную корреляцию среди выживших в наблюдаемой системе.

Постройте нулевое распределение $\{\rho_{\text{null}}\}$ из N имитационных прогонов со случайными стратегиями управления и фильтрацией выживаемости.

Вычислите эмпирическое p -значение: $p = (1 + \#\{\text{нулевых прогонов с } \rho \geq \rho_{\text{obs}}\}) / (1 + N)$.

Объявляем порядок, если $p < 0.05$.

Structural precondition: Overlap ratio $O(t) = \mu(\cap K_i) / \mu(\cup K_i)$ measures geometric capacity for coordination. Slack correlation measures actual coordination. Статья D uses both.

Фальсификатор D4 (Order Indistinguishable from Noise):

If observed persistent configurations не может be statistically distinguished from the null ($p \geq 0.05$ for empirical slack correlation), D4 is фальсифицирован.

Наблюдаемое: empirical p-value.

D4.2 — Структурная фильтрация конфигураций

Under необратимый дрейф, configurations that violate the необходимые условия of D3.2a (under the stated alignment and regularity assumptions) are eliminated.

Survivors are biased toward configurations satisfying these conditions—not because they were selected for, but because everything else exited the ядро жизнеспособности.

Утверждение D4.2:

Under необратимый дрейф and the monotonic-alignment and regularity assumptions of D3.2a, the long-run support of persistent multi-agent configurations is contained in the set of configurations satisfying the необходимые условия N1–N4. No optimization, fitness function, or teleology is required.

Гипотеза D4.2:

Under additional assumptions (ergodicity, stationary дрейф, specified policy update process), the distribution of persistent configurations converges to the set of compositional equilibria.

This гипотеза requires explicit specification of the стохастический process and не является claimed as a теорема.

D4.3 — Иерархия как геометрия ограничений

When agents have asymmetric capacity (different Z values), stable configurations generically exhibit hierarchical structure: higher-capacity agents' **записевые экстерналии** dominate the constraint landscape of lower-capacity agents.

Предположение о регулярности:

The связанность map is smooth and the constraint surface is non-degenerate (as in D1.3). Agent импедансы are distinct: $Z_i \neq Z_j$.

Утверждение D4.3:

In a coupled system with asymmetric agent импеданс under the above regularity assumption, persistent configurations exhibit hierarchical связанность: the high-Z agent's записевые экстерналии alter $\mu(K_j)$ for the low-Z agent more than the reverse.

Набросок доказательства:

The high-Z agent has a larger ядро жизнеспособности (higher u_{\max}/a ratio means more reachable viable states, by Статья A's операторный горизонт).

Under the regularity assumption (smooth связанность, non-degenerate constraint surface), the kernel expansion projects non-trivially onto the shared constraint coordinates — that is, the additional reachable states include states that дт. и т.т.к.ер in the shared dimensions, not only in private dimensions.

A larger footprint in the shared constraint coordinates means that the high-Z agent's записывающее действия generically (on a set of full measure in the space of связанность parameters) modify more of the shared constraint space than the low-Z agent's actions.

По принципу геометрического исключения (D1.3) это порождает большие изменения в ядре партнёра.

Иерархия геометрическая, а не намеренная. □

Фальсификатор D4.3 (Hierarchy Inversion):

If, in a system with $Z_i \gg Z_j$ (импеданс ratio > 10:1) satisfying the regularity assumption, the low-Z agent's *записевые экстерналии* dominate the constraint landscape of the high-Z agent ($\Delta\mu(K_i)$ from j's actions > $\Delta\mu(K_j)$ from i's actions, measured over equivalent action magnitudes), D4.3 is фальсифицирован.

Наблюдаемое: $\Delta\mu(K_i)$ and $\Delta\mu(K_j)$ per unit *записывающее действие*.

D4.4 — Кооперация и сдерживание как структурные результаты

Утверждение D4.4a (Cooperation):

Cooperative equilibria exist when mutual $\text{записевые экстерналии}$ expand each agent's $\text{ядро жизнеспособности}$ more than связанность cost contracts it. The operator-required charger (D3.1) is an instance. Наблюдаемое: $\mathcal{M}_{\text{joint}} > \Sigma \mathcal{M}_i$.

Фальсификатор D4.4a (Cooperation Nonexistence):

If, in every tested coupled system where mutual *записевые экстерналии* are positive (each agent's actions expand the other's kernel), $\mathcal{M}_{\text{joint}} \leq \Sigma \mathcal{M}_i$ (joint агентность never exceeds the sum of individual agencies), D4.4a is фальсифицирован.

Наблюдаемое: $\mathcal{M}_{\text{joint}}$ and $\Sigma \mathcal{M}_i$ computed from the joint and individual ядро жизнеспособности.

Утверждение D4.4b (Deterrence):

Deterrence equilibria exist when unilateral десвязанность cost exceeds continued связанность cost for both agents. Наблюдаемое: for each agent, $\mathcal{M}_i(\text{coupled}) > \mathcal{M}_i(\text{decoupled})$. Neither agent can improve its viability by exiting the связанность.

Это геометрическая неподвижная точка, а не угроза.

Фальсификатор D4.4b (Deterrence Exit):

If an agent in a coupled system with $\mathcal{M}_i(\text{coupled}) > \mathcal{M}_i(\text{decoupled})$ для всех i can unilaterally decouple and increase its агентность ($\mathcal{M}_i(\text{after десвязанность}) > \mathcal{M}_i(\text{coupled})$), the characterization of the configuration as a deterrence equilibrium is фальсифицирован.

Наблюдаемое: \mathcal{M}_i before and after десвязанность.

Оба геометрические. Ни один не нормативный.

D5 — Experimental Instantiations and Фальсификаторs

D5.1 – Разобранный пример

Система 1: Микробная экология (хеMOSTAT).

Shared viability domain: nutrient-population configuration space. Record externalities: waste products altering pH/nutrient availability (необратимый environmental modification). Impedance matching: metabolic rate compatibility between species. Slack: time-to-washout at current dilution rate and population density.

Cascade failure: trophic связанность propagation. Each construct maps to a measurable variable with a quantitative prediction.

Система 2: Зарядное устройство с оператором (два робота).

Общая область жизнеспособности: совместное пространство (позиция, батарея) с общей зарядной инфраструктурой. Записевые экстерналии: занятие станции. Условие связи: зарядка требует вращения партнёра. Согласование импеданса: совместимость ёмкости батареи и скорости разряда.

Slack: time-to-ruin at current battery level and discharge rate. CE \neq NE

demonstration: Раздел D3.1. Each construct maps to a measurable variable with a quantitative prediction.

D5.2 – Фальсификатор

Global Фальсификатор F0 (Размыкатель):

If a multi-agent system persists indefinitely (время выживания $T = \infty$ для всех agents) while violating all необходимые условия N1–N4 of D3.2a, under a configuration satisfying the monotonic-alignment and regularity assumptions, Статья D is фальсифицирован.

Наблюдаемое: время выживания T for each agent; verification of N1–N4 violation; verification that alignment and regularity assumptions hold.

Фальсификатор D1 (No Free Survival):

Defined in D1.3. Наблюдаемое: $\mu(K_B)$ and \mathcal{M}_B before and after A's записывающее действие.

Фальсификатор D2.1 (Additivity Under Coupling):

If joint агентность equals the sum of individual agencies ($\mathcal{M}_{\text{joint}} = \Sigma \mathcal{M}_i$) in a coupled system with non-zero связанность terms (non-orthogonal shared constraint coordinates), D2.1 is фальсифицирован.

Наблюдаемое: $\mathcal{M}_{\text{joint}}$ and $\Sigma \mathcal{M}_i$ in coupled vs uncoupled configurations.

Фальсификатор D2.2 (Impedance-Independent Efficiency):

If связанность efficiency (measured as viability transfer per unit управляющее усилие) не degrade as импеданс ratio $|Z_i/Z_j|$ deviates from unity, D2.2 is фальсифицирован.

Наблюдаемое: viability transfer rate at импеданс ratios 1:1, 2:1, 5:1, and 10:1 under matched conditions.

Фальсификатор D2.3 (Anti-Resonant Optimality):

Defined in D2.3. Наблюдаемое: joint viability margin at phase offsets $0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4, \pi$.

Фальсификатор D3.3 (Cascade Non-Propagation):

Defined in D3.3. Наблюдаемое: время выживания T_B and T_C after termination of A in a 3-agent chain.

Фальсификатор D4.2 (Persistent Violators):

If a multi-agent configuration persists indefinitely while violating one or more of N1–N4, under a system satisfying the monotonic-alignment and regularity assumptions, D4.2 is фальсифицирован.

This differs from F0 (which requires violation of all four conditions).

D4.2 claims the long-run support is contained in the satisfying set; a single persistent violator of any condition falsifies it. Наблюдаемое: persistence time T and verification of individual N1–N4 conditions for each surviving configuration.

Фальсификатор D4 (Order Indistinguishable from Noise):

Defined in D4.1. Наблюдаемое: empirical p-value for slack correlation. If $p \geq 0.05$ для всех candidate systems, D4 is фальсифицирован.

Фальсификатор D4.3 (Hierarchy Inversion):

Defined in D4.3. Наблюдаемое: $\Delta\mu(K_i)$ and $\Delta\mu(K_j)$ per unit записывающее действие in импеданс-asymmetric systems.

Фальсификатор D4.4a (Cooperation Nonexistence):

Defined in D4.4. Наблюдаемое: $\mathcal{M}_{\text{joint}}$ and $\Sigma \mathcal{M}_i$ in systems with mutually positive externalities.

Фальсификатор D4.4b (Deterrence Exit):

Defined in D4.4. Наблюдаемое: \mathcal{M}_i before and after unilateral десвязанность.

Every утверждение has at least one testable фальсификатор with a specified observable. Фальсификаторs are independent of A, B, C. Крах any утверждение leaves all prior papers intact.

D5.3 — Замыкание области

Статья D establishes: what multi-agent composition must look like under the trilogy's constraints, what persistent configurations require, what destroys them, and how to test these claims.

It не determine whether specific configurations are realized in nature. That question remains empirical.

D6 — Структурное замыкание

Статья A: Irreversibility as loss of reachability. Independent of B, C, D.

Статья B: Selection as costly exclusion, if it exists. Зависит от A. Independent of C, D.

Статья C: Agency as constrained control. Зависит от A; uses outcome of B. Independent of D.

Статья D: Coupled viability under multi-agent constraint. Зависит от A, B, C. Extends связанность (C7), introduces shared constraint environments, derives structural filtering, hierarchy, cooperation, and deterrence as geometric consequences.

Однонаправленная зависимость сохраняется.

Крах D не обесценивает C, B или A.

Каждый слой добавляет структуру. Ни один не добавляет физику.

Приложение E — Exploratory: Reclamation and Renewal (Non-Load-Bearing)

Статья A's optional module (A6) addresses capacity saturation and restoration for single systems. This приложение extends that to связанные системы: joint saturation, partial reclamation, the multi-agent loop.

It inherits the speculative status of A6. Explicitly non-load-bearing. No утверждение in the main body зависит от it. Included for structural completeness and интеллектуальная честность.

Конец Статья D.

All stated proofs in this document follow from the определения and assumptions declared locally. All утверждения have specified observables and testable фальсификаторы. All гипотезы are fenced. Papers Ø, A, B, C, D

Серия: The 420 Code Артист Пруф Ø1 — Физика операторной среды:
фундаментальная физика / геометрия жизнеспособности

Artist: G STUDIO G Опубликовано бесплатно навсегда Размыкатель Ledger

Следующие ledger maps every фальсифицируемый claim in APØ1 to the corpus-wide размыкатель numbering system. Each размыкатель has a unique identifier (KS-N), a status, and a specified observable.

Statuses: ЗАКРЫТ (proven within the argument), ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ (testable by experiment), LIVE-HARD (open theoretical problem).

All размыкательы in APØ1 are ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ in principle: each has an операциональный observable and becomes directly testable once a concrete instantiation (physical or engineered system) is specified. Статья A Размыкательы

KS-V.1 (F0) — AS операциональная инвариантность. Global размыкатель. If допустимый крупнозернистое разбиение yield incompatible AS values beyond tolerance, the entire framework fails. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: R0.

KS-V.2 (F1) — Pointer-basis targeting. If селекция targets position rather than the environment-selected алгебра указателя, the постулат селекции fails. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: R1.

KS-V.3 (F2) — Born violation. If ensemble statistics of realised branches deviate systematically from the diagonal weights $\{p_i\}$, the постулат селекции fails. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: R4.

KS-V.4 (F3) — Context dependence. If селекция зависит от observer intervention rather than objective dynamics, the постулат селекции fails. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: R5.

KS-V.5 (G1) — Selection rate exceeds gravitational bound. If селекция occurs faster than $\hbar/\Delta E_G$ for gravitationally distinguishable records, the gravity limiter fails. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: R3.

KS-V.6 (G2) — Selection in gravitationally degenerate regime. If objective селекция occurs between records with $\Delta E_G = 0$, the gravity limiter fails. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: R2.

KS-V.7 (G3) — Non-gravitational rate scaling. If скорость селекции scale universally with non-gravitational parameters across macroscopic records, the gravity limiter fails. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: R3. Статья В Размыкательес

KS-V.8 (B2) — Pre-необратимость селекция. If exclusion signatures appear before операциональный необратимость is established (Статья А, D13), селекция as defined in Статья В is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: BT1. Статья С Размыкательес

KS-V.9 (FC1) — Agency increase without control. If reachable объём жизнеспособности increases without corresponding control expenditure, Статья С is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: C10.1.

KS-V.10 (FC2) — Irreversible loss reversed. If необратимый loss of reachability is reversed without external intervention violating admissibility constraints, Статья C is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: C10.1.

KS-V.11 (FC3) — Stable control past поверхность невозврата. If stable control persists beyond the поверхность невозврата under допустимое управление, Статья C is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: C10.1.

KS-V.12 (FC4) — Free lunch. If a system maintains positive агентность indefinitely with finite budget and persistent nonzero дрейф, the время выживания bound (Теорема C5.1) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: C10.1.

KS-V.13 (FC5) — Resurrection. If a system recovers positive агентность after reaching ruin without недопустимый external intervention, Статья C is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: C10.1. Статья D Размыкательес

KS-V.14 (FD0) — Multi-agent persistence violating all необходимые условия. If a multi-agent system persists indefinitely while violating all необходимые условия N1–N4 under monotonic-alignment and regularity assumptions, Статья D is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.15 (FD1) — No free survival. If Agent B increases агентность despite negative record externality from Agent A, without severing связанность, increasing бюджет управления, or receiving compensating externalities, the Geometric Exclusion Principle is фальсифицирован.

Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.16 (FD2.1) — Additivity under связанность. If joint агентность equals sum of individual agencies in a non-trivially coupled system, non-additivity (Утверждение D2.1) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.17 (FD2.2) — Impedance-independent efficiency. If связанность efficiency не degrade as импеданс ratio deviates from unity, согласование импеданса

(Утверждение D2.2) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.18 (FD2.3) — Anti-resonant optimality. If a persistent coupled system has maximum joint viability at anti-resonant phase under standard связанность, the resonance гипотеза (D2.3) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.19 (FD3.3) — Cascade non-propagation. If крах Agent A не propagate to Agent B despite связанность that exceeds B's remaining control margin, cascade failure (Утверждение D3.3) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.20 (FD4) — Order indistinguishable from noise. If persistent configurations не может be statistically distinguished from random survivors ($p \geq 0.05$ for slack correlation), emergent order (D4) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.21 (FD4.2) — Persistent violators. If any configuration persists while violating any of N1-N4 under alignment and regularity assumptions, structural filtering (Утверждение D4.2) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.22 (FD4.3) — Hierarchy inversion. If the low-импеданс agent's записевые экстерналии dominate the high-импеданс agent's constraint landscape (at импеданс ratio greater than 10:1), hierarchy as constraint geometry (Утверждение D4.3) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.23 (FD4.4a) — Cooperation nonexistence. If joint агентность never exceeds sum of individual agencies in any system with mutually positive externalities, cooperation as structural outcome (Утверждение D4.4a) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ. Тест: D5.2.

KS-V.24 (FD4.4b) — Deterrence exit. If an agent in a deterrence equilibrium can unilaterally decouple and increase its агентность, the deterrence characterisation

(Утверждение D4.4b) is фальсифицирован. Статус: ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ.

Тест: D5.2. Summary

Total размыкательс: 24 (KS-V.1 through KS-V.24). All ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ.

Global размыкатель: KS-V.1 (F0). If KS-V.1 fires, the entire framework is dead and no further test is meaningful.

Нумерация размыкателей начинается с KS-V.1 во избежание конфликта с существующими назначениями корпуса (KS-1 через KS-49, назначенные в AP05-AP22).

Перенумерация на уровне корпуса назначит окончательные номера после рецензирования всех 22 Артист Пруфов. Нижний колонтитул условности

Conditional on: Nothing external. AP01 is самодостаточны. It зависит отly on standard квантовая механика (unitary evolution, CPTP maps, декогеренция) and теория жизнеспособности (Aubin, 1991).

No result in AP01 зависит от the axiom system {S, B, R, C}, on the Embedding Hypothesis (EH), on the Quadratic Regularity Assumption (QRA), or on any other Artist Proof.

Conditioned upon by: Subsequent Artist Proofs may inherit the операциональный определениес, необратимость results, and viability geometry established here.

Load-bearing inheritance: состояние актуализации (D3), monotonicity under decohering динамика формирования записей (T1, within scope), Operator Horizon / невозврат structure (T2; D9/D13).

Optional inheritance (explicitly постулат-level here): канал селекции (A4.2) and gravitational rate limiter (A4.3) are referenced only where later proofs explicitly require them.

Kill switches: KS-V.1 through KS-V.24 (all ЖИВОЙ-ЭМПИРИЧЕСКИЙ). See Размыкатель Ledger above.

Статус: Готов к публикации. Заблокирован.

Последняя страница

Серия	The 420 Code
Том	Notebook 0.1 The Premise
Издание	Artist Proof 01
Title	The состояние актуализации
Художник	G
Дата	Февраль 2026

Эта работа опубликована бесплатно навсегда на www.the420code.org.

Без платного доступа. Без институциональной аффилиации. Без привратников.

Хребет стоит или падает на собственной логике. Ваша задача — проверить его.

Издание 02 представит тот же хребет в прозе.

Издание 03 представит тот же хребет в метафоре.

Издание 04 представит тот же хребет в рифме.

Один хребет. Четыре языка. Одна архитектура. Одна истина.

This work is Copyleft. You are free to download, print, share, and distribute. You are not free to alter the source. Keep the signal clean.

STUDIO 