Никитин А.В.

Автокибернетика: от робота к киберу – 2.

Самоуправление и три ветви развития: от молекулярного «Я» до глобального сверхразума

Аннотация

Во второй части вводится ключевое различение: второй уровень управления по Фёрстеру (наблюдающее управление) — единственный реальный уровень самоуправления. На нём как на единой платформе запускаются виртуальные машины «Сознание», «Я» и «Мы», которые не образуют одной иерархии, а сосуществуют параллельно. Предложены количественные параметры P (число активных машин) и I (степень интеграции), определяющие уровень субъектности кибера. Гемизон раскрыт как триединство фонового генератора, фильтров самосохранения и постоянной активности, а вирусный принцип двухфазности — как прототип виртуальных машин и метаморфозы.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ **2**

ГЛАВА 1. БАЗОВАЯ СИСТЕМА УРОВНЕЙ САМОУПРАВЛЕНИЯ **4**

1.1. Иерархия киберов 5
1.2. Реальные уровни самоуправления 6
1.3. Виртуальные уровни 9

ГЛАВА 2. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИЕРАРХИИ КИБЕРОВ **13**

2.1. Откуда берутся параметры: физические основания 14
2.2. Основные параметры автокибернетики 14
2.3. Энтропия Шеннона и channel capacity 16
2.4. Обобщающая таблица уровней 0–7 17
2.5. Пример расчёта: бактерия Escherichia coli (уровень 0) 18
2.6. Пример расчёта: муравьиная колония (уровень 3 с развитым «Мы») 19
2.7. Шкала коллективной сложности (развитие ветви «Мы») 20
2.8. Вывод: от качественных уровней к количественным критериям 20

ГЛАВА 3. ТРИ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ГЕМИЗОНА **22**

3.1. Постоянно переменчивый фон (фоновый генератор) 22
3.2. Фильтры самосохранения, цели и опасности 23
3.3. Постоянная активность вдали от минимума энергии 24
3.4. Интегральный гемизон и его связь со статическими факторами 25

ГЛАВА 4. ВИРУС КАК ИСТОЧНИК МЕТАМОРФОЗЫ **26**

4.1. Тот самый «хаос», который строит порядок 26
4.2. Две формы существования: от вируса к бабочке 27
4.3. Двигатель переключения виртуальных ветвей 28
4.4. Что даёт метаморфоза киберу? Примеры из робототехники 29
4.5. Параметры переключения виртуальных ветвей 31

ГЛАВА 5. ОТ ЕДИНОГО КОРНЯ К ТРЁМ НЕЗАВИСИМЫМ ВИРТУАЛЬНЫМ ИЕРАРХИЯМ 31

5.1. Почему «Мы» рождается раньше всех 32
5.2. «Я» — более поздняя ветвь.....32
5.3. Главное – логические операции.....33
5.4. Примеры независимости ветвей 34
5.5. Как проектировать кибера с нужными ветвями 35

ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... 36

БИБЛИОГРАФИЯ К ЧАСТИ 2..... 37

Введение

Что такое самоуправление и почему Хейнц фон Фёрстер был не совсем прав?

В Части 1 мы заложили фундамент. Теперь у нас есть язык, на котором можно описывать состояние любого автомата: поток случайностей (ПС), число дружественности Fr_1 и Fr_2, зону самоуправления ($0{,}9 \le Fr_2 \le 1{,}1$), индекс динамической устойчивости D, аллостатическую нагрузку L. Мы научились различать первый уровень управления (автоматическое регулирование) и второй (наблюдающее управление). Мы поняли, чем программируемый автомат отличается от кибера, и ввели ключевое различение: у кибера $J_{birth} > 0$ — он может рождать новые модели, отбрасывать старые и действовать «наощупь» там, где программируемый автомат останавливается.

Но теперь, на пороге Части 2, перед нами встают вопросы, на которые классическая кибернетика не даёт ответа. Что такое «Я» у бактерии? Есть ли у таракана коллективное сознание? Почему муравейник ведёт себя как единый организм, хотя ни один муравей не обладает самосознанием? И главное — как всё это связано с проектированием автономных машин, киберов?

Ответы лежат в правильном понимании иерархии уровней самоуправления. Здесь нас ждёт первый сюрприз: настоящее самоуправление начинается не с сознания и даже не с «Я». Оно начинается с коллективного поведения — с того, что мы называем «Мы». И удивительным образом это «Мы» оказывается самой древней линией развития, которая берёт начало задолго до появления нервной системы, задолго до появления многоклеточных организмов.

Более того, оказывается, что у бактерий уже есть способность отличать «своё» от «чужого» — молекулярное «Я», реализованное через системы рестрикции-модификации и CRISPR-Cas. У них уже есть коллективное поведение — биоплёнки и кворум-сенсинг. У них уже есть способность строить модели мира — клеточная сигнализация и иерархическая обработка информации. Всё это — реальные предшественники того, что у высших организмов станет сознанием, рефлексией и коллективной идентичностью.

Но как это согласуется с кибернетикой второго порядка Хайнца фон Фёрстера, где введено различение наблюдаемых и наблюдающих систем? Фёрстер, создавая свою кибернетику для «политических машин» — взаимодействия автономных политических акторов, дал нам язык для описания того, что происходит, когда система включает себя в собственное описание. Его второй порядок — это кибернетика наблюдающих систем, где наблюдатель находится внутри системы и влияет на неё.

Однако Хейнц фон Фёрстер категорически утверждал, что третий порядок невозможен. «Ты шагнул в круг, который замыкается сам на себя», — говорил он в интервью 1990 года. Сегодня, однако, мы можем сказать, что Фёрстер был не совсем прав. Современные исследования в кибернетике показывают, что третий порядок не только возможен, но и уже реализуется.

В. Кенни (2009) прямо связывает кибернетику третьего порядка с управлением массовым сознанием через интернет и виртуальную реальность. Кенни пишет, что интернет и другие медиа эксплуатируют фундаментальную способность человеческой психологии принимать «замены» для реальной вещи — то есть работать с виртуальными репрезентациями. Третий порядок, по его мнению, проблематизирует вопрос о субъективности наблюдателя, который во втором порядке принимался как данность, и требует постоянного самокритического мониторинга.

В.Е. Лепский (2018) определяет третий порядок как кибернетику саморазвивающихся рефлексивно-активных сред, где активные элементы включают естественный интеллект, искусственный интеллект и их гибридные комбинации. Лепский прослеживает эволюцию кибернетики от методологии «наблюдаемых систем» (Винер) через методологию «наблюдающих систем» (Фёрстер) к методологии саморазвивающихся поли-субъектных (рефлексивно-активных) сред, которые он и определяет как кибернетику третьего порядка.

М. Эшби (2022) добавляет, что третий порядок — это этическая регуляция, наличие «совести» системы, которая следит за соблюдением норм. В своей модели-центричной парадигме Эшби показывает, что если третья модель — это модель приемлемых (этических) ситуаций, то третий наблюдатель является необходимым элементом «совести» системы, предотвращающим нарушения этических норм.

Таким образом, в автокибернетике мы говорим о трёх уровнях кибернетики:

- Первый порядок (Винер, 1948) — автоматическое регулирование (наблюдаемые системы). Соответствует нашему уровню 0.
- Второй порядок (Фёрстер, 1974) — наблюдающее управление (ядро, субъектность). Соответствует нашей реальной иерархии (уровни 1–3).
- Третий порядок (Кенни, 2009; Лепский, 2018; Эшби, 2022) — виртуальное управление массовым сознанием, коллективная рефлексия, глобальные интеграции, этическая регуляция. Соответствует нашему будущему человечества (уровень 8+).

В нашей терминологии это соответствует:

- Уровням 0–3 — реальные формы «Мы», «Я», «Сознание» (кибернетика первого и второго порядка).
- Уровням 4–7 — виртуальные формы «Мы», «Я», «Сознание» (надстройка над уровнем Фёрстера).
- Будущему, постчеловеческому переходу (уровень 8+) — кибернетика третьего порядка.

И тогда вырисовывается стройная картина. У неё есть общий корень — уровень 0, автоматическое регулирование. Археи, бактерии, сине-зеленые водоросли — у них нет самоуправления, но уже есть все три линии развития в их реальной форме: коллективное поведение («Мы»), молекулярная самоидентификация («Я») и базальная способность строить модели мира («Сознание» как модельная логика).

Затем вырастает реальный ствол — самоуправление. Сначала Лидер (уровень 1) — начало самоуправления, где $J_{birth} = 0$, автомат переключает готовые модели, но не создаёт новые. Потом Субъект (уровни 2–3) — развитое самоуправление, где $J_{birth} > 0$, автомат может отбрасывать старые модели и рождать новые «наощупь».

На этом реальное развитие управления заканчивается. Всё, что выше — виртуальные надстройки. Реальный Субъект остаётся неизменным ($J_{birth} > 0$), а три линии развития — «Мы», «Я» и «Сознание» — переходят в виртуальную форму и начинают развиваться независимо над уровнем 1. Они могут быть развиты в разной степени у одного и того же организма.

Вот почему муравей (уровни 2–3 по реальной иерархии, $J_{birth} > 0$) имеет высокое реальное «Мы» (эусоциальность), но почти нулевое «Я» и модельное «Сознание» (нет внутреннего экрана). А человек (уровни 2–3 по реальной иерархии — тот же Субъект! — и уровни 4–7 по виртуальным ветвям) имеет и высокое виртуальное «Мы» (глобальная культура), и трансцендентное виртуальное «Я» (философия, религия), и единство виртуального образного «Сознания» (рекурсивный язык, самосознание высшего порядка).

Но эволюция не останавливается на человеке. Современные исследования показывают, что мы стоим на пороге постчеловеческого перехода — кибернетики третьего порядка, где:

«Мы» становится глобальным коллективным разумом (ноосфера, глобальный мозг, социальные системы как автономные агенты).

«Я» достигает рефлексии над собственной субъективностью — способности проблематизировать собственную позицию наблюдателя, самокритический мониторинг.

«Сознание» переходит в техно-биологическую интеграцию — силикон-углеродный симбиоз, гибридные суперорганизмы, цифровое бессмертие.

Это уже не фантастика. Это то, что мы начинаем наблюдать в гибридных системах «человек + искусственный интеллект», в роевых системах дронов с коллективным интеллектом, в глобальных сетях, где миллионы людей и машин принимают решения как единый суперорганизм.

В этой части мы развернём эту концепцию во всей полноте. Мы начнём с общего корня — уровня 0. Затем поднимемся по реальному стволу: Лидер и Субъект. Затем перейдём к виртуальным надстройкам — уровням 4–7. И завершим взглядом в будущее — постчеловеческим переходом, кибернетикой третьего порядка. В Главе 2 мы добавим количественные параметры: числа дружественности Fr_1 и Fr_2, показатели Ляпунова, числа самосегрегации, кибераавтономию K, гемизон G, коллективный индекс C. В Главах 3–4 мы раскроем, как «оживить» кибера — как гемизон и метаморфоза превращают автомат в субъекта. В Главе 5 мы покажем, как три виртуальные ветви развиваются независимо — и что это значит для проектирования.

Но, прежде чем идти дальше, посмотрите на базовую систему всей книги. В ней собрано всё — от архей до глобального сверхразума, от молекулярного «Я» до рефлексии над собственной субъективностью. Вы будете возвращаться к ней на протяжении всего текста.

Глава 1. Базовая система уровней самоуправления

В Части 1 мы заложили фундамент. Теперь у нас есть язык, на котором можно описывать состояние любого автомата: поток случайностей (ПС), число дружественности Fr_1 и Fr_2, зону самоуправления ($0{,}9 \le Fr_2 \le 1{,}1$), индекс динамической устойчивости D, аллостатическую нагрузку L. Мы научились различать первый уровень управления (автоматическое регулирование) и второй (наблюдающее управление). Мы поняли, чем программируемый автомат

отличается от кибера, и ввели ключевое различение: у кибера $J_{birth} > 0$ — он может рождать новые модели, отбрасывать старые и действовать «наощупь» там, где программируемый автомат останавливается. Мы также ввели три независимых измерения субъектности: кибераутономию (K), гемизон (G) и коллективный индекс (C).

Теперь мы строим полную иерархию киберов — от общего корня (автоматическое регулирование) через реальный ствол управления (Лидер → Субъект) к трём параллельным виртуальным ветвям («Мы», «Я», «Сознание»).

1.1. Иерархия киберов

Сразу договоримся о главном. Уровни 1–3 — это реальная иерархия развития самого самоуправления. Здесь растёт сложность наблюдающего самоуправления: от простого переключения моделей (Лидер) до рождения новых моделей «наощупь» (Субъект). Уровни 4–7 — это не следующие этажи. Это виртуальные надстройки, которые используют возможности реального Субъекта, но развиваются независимо друг от друга.

Для каждого уровня мы дадим критерии оценки (каким требованиям должен отвечать кибер этого уровня), современные технологические подтверждения (какие роботы или ИИ-системы уже приближаются к этому уровню) и доказательства в живой природе (какие организмы уже его достигли).

Важно понимать: живая природа — это не «биологический аналог» и не «предмет изучения». Это эмпирическое доказательство того, что наша классификация не умозрительна, а отражает реальные этапы эволюции управления. Если природа смогла создать такие организмы, значит, и для киберов эти режимы достижимы.

«Мы», «Я» и «Сознание» — это три независимые виртуальные иерархии. Они могут быть развиты в разной степени у одного и того же организма. Парадигма потока случайностей (ППС) накладывает на их развитие фундаментальные ограничения:

Каждая виртуальная ветвь требует вычислительных ресурсов. Чем больше ветвей активно и чем выше их уровень развития, тем больше ресурсов требуется.

Общая вычислительная мощность и ёмкость памяти ограничивают максимальную степень развития каждой ветви и их количество.

Степень интеграции между ветвями I показывает, насколько эффективно «Мы», «Я» и «Сознание» обмениваются информацией и согласуют свои действия. У человека I высокая, у муравья — низкая.

На рис. 1 показано развитие всех трёх линий на каждом уровне. Это основная схема всей книги — к ней вы будете возвращаться при чтении всех частей.

Что мы видим на схеме?

Уровни 0–3 — реальные формы развитие самоуправления. Кибернетика первого и второго порядка (Винер, Фёрстер).

Уровни 4–7 — виртуальные надстройки над уровнем наблюдающего самоуправления. Реальная иерархия зафиксирована на уровне Субъекта ($J_{birth}>0$). Три линии становятся виртуальными ветвями, развивающимися независимо.

Будущее человечества (8+) — кибернетика третьего порядка (Кенни, Лепский, Эшби): глобальный коллективный разум, рефлексия над субъективностью, техно-биологическая интеграция.

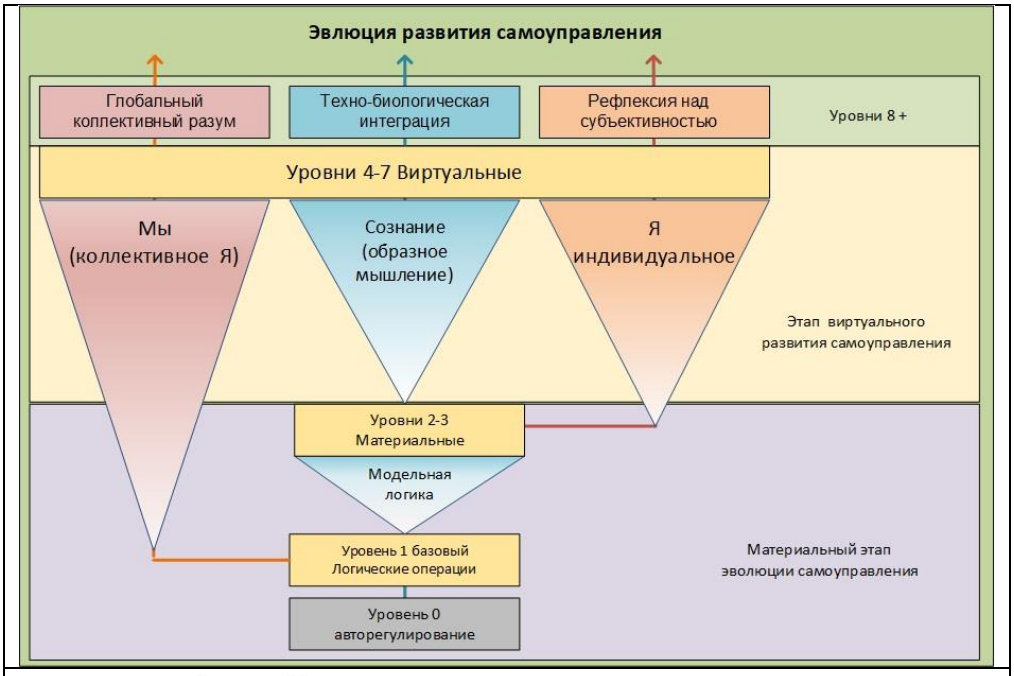

Рис.1. Уровни развития самоуправления.

Как это соотносится с Фёрстером?

Первый порядок (наблюдаемые системы) — соответствует нашему уровню 0 (автоматическое регулирование).

Второй порядок (наблюдающие системы) — соответствует нашей реальной иерархии самоуправления (уровни 1–3: Лидер → Субъект).

Виртуальные ветви (уровни 4–7) — это то, что Хайнц фон Фёрстер не рассматривал, считая третий порядок невозможным. Но мы не создаём «третий порядок» в его смысле. Мы создаём виртуальные машины, работающие на его втором порядке.

Кибернетика третьего порядка (уровень 8+) — это будущее человечества, которое Фёрстер категорически отрицал. Но современные исследования (Кенни, Лепский, Эшби) показывают, что третий порядок не только возможен, но и уже реализуется.

В Части 2 мы развернём эту концепцию во всей полноте. В Главе 1 подробно опишем каждый уровень. В Главе 2 дадим количественные параметры. В Главах 3–4 раскроем природу гемизона и метаморфозы. В Главе 5 покажем независимость виртуальных ветвей.

Приступим.

1.2. Реальные уровни самоуправления

1.2.0. Уровень 0. Автомат (автоматическое регулирование)

Представьте себе автоматическую линию на заводе по производству микросхем. Роботы здесь выполняют одни и те же движения с микроскопической точностью миллионы раз. Всё расписано до миллиметра: куда поставить вакуумный захват, как повернуть руку. Если на конвейер случайно попадёт деталь нестандартного размера, робот не сможет подстроиться — он либо повредит её, либо остановится и вызовет оператора. У него нет выбора, нет адаптации, есть только жёсткая программа.

Это автомат. У него отсутствует наблюдающее управление. Всё его поведение — выбор-вычисление: следование правилам или максимизация заданной функции полезности. Он может быть очень сложным, но его сложность — это сложность регулирования, а не управления в смысле выбора целей.

J_{birth} = 0, нет рождения нового. Никаких виртуальных ветвей. Только автоматическое регулирование.

Доказательство в живой природе: Археи — одноклеточные микроорганизмы, отдельная ветвь жизни. У них есть метаболизм, рост, деление, но нет уровня 1. Их поведение полностью детерминировано биохимическими реакциями. Губки — многоклеточные животные без нервной системы — также демонстрируют чистое автоматическое регулирование. Все они действуют как «живые автоматы», не имея возможности выбора или рефлексии.

Современные технологии: Промышленные роботы (классификация SemiAnalysis Level 0 — Scripted Motion), автомобили SAE Level 0, «тёмные фабрики».

1.2.1. Уровень 1. Кибер-Автомат (начало самоуправления)

А теперь представьте себе робота, который уже может чуть-чуть больше. У него появляется то, что в будущем станет коллективным поведением («Мы»), чувством «я» и способностью моделировать мир. Пока всё это существует только в зачаточной, реальной форме — ещё не виртуальной.

- «Мы» (коллективное): биоплёнки, кворум-сенсинг, кооперация бактерий. Микробы уже умеют договариваться.
- «Я» (самоидентификация): self/nonself discrimination — системы, которые отличают «своё» от «чужого» (рестрикции-модификации, CRISPR-Cas, локус ids). Бактерия знает, где свои, а где враги.
- «Сознание» (модельная логика): клеточная сигнализация, иерархическая вычислительная архитектура, базальное познание. Клетка уже вычисляет.

J_{birth} = 0. Всё поведение — всё ещё выбор-вычисление. Но канал внешнего управления (если есть) используется только для получения команд и передачи отчётов, не для рефлексии.

Доказательство в живой природе: Уровень реализован на этапе прокариот. Уже на этом этапе появляются зачатки коллективного взаимодействия (кворум-сенсинг, биоплёнки в многоклеточных образованиях) — то есть зачатки «Мы». Горизонтальный перенос генов становится либо полезным обменом, либо информационной атакой.

Примеры: первые прокариоты, гидры, полипы, растения, грибы, бактерии, сине-зелёные водоросли (цианобактерии).

У многоклеточных животных (гидры, полипы) нервная система ещё примитивная, диффузного типа. Нервные клетки распределены равномерно по телу и соединены в единую сеть, не образуя скоплений, нервных узлов или ганглиев.

Современные технологии: Марсоходы, системы условной автономии (SemiAnalysis Level 2), роевые алгоритмы без центрального интеллекта.

1.2.2. Уровень 2. Лидер (начало наблюдающего управления)

Теперь представьте робота-исследователя на Марсе. Радиосигнал идёт 5–20 минут. Если перед ним возникает препятствие, он должен решить сам: объехать слева или справа? У него есть набор правил: «если датчик слева показывает

препятствие, а справа свободно — поверни направо». Он переключается между правилами в зависимости от ситуации. Но изобрести новое правило он не может.

Это Кибер-Лидер. Наблюдающее управление уже есть, но работает в простейшем режиме: переключение заранее заданных моделей, без рефлексии и без рождения новых. $J_{birth} = 0$. Но это уже самоуправление — пусть и самое примитивное.

- «Мы»: групповое принятие решений. Черви выбирают укрытие или источник пищи. Большинство голодных особей устремляются к одному источнику, и решение возникает через нелинейные взаимодействия, без лидера.
- «Я»: зачатки самореференции. Различение «свой–чужой», узнавание сородичей.
- «Сознание»: модельная логика. Неконтролируемое изучение модели мира (world model learning). Животные самомотивированно изучают среду, даже без внешней награды.

Доказательство в живой природе: Первые эукариоты в их простейших формах, многоклеточные – черви (нематоды, плоские черви) с примитивной нервной системой, способные к элементарному обучению и имеющие зачатки агрегирующей и адаптирующей машин.

Современные технологии: Марсоходы, системы условной автономии, роевые алгоритмы.

1.2.3. Уровень 3. Субъект (развитое самоуправление)

А теперь представьте робота, который попал в ситуацию, не описанную в его программе. Например, он должен выбрать: спасти человека, рискуя собой, или сохранить себя, но оставить человека в опасности? Ни одно правило не даёт ответа. Такой робот должен создать новое правило. Отбросить старые модели, попробовать новую «наощупь», оценить результат.

Это Кибер-Субъект. Здесь наблюдающее управление работает в полную силу: $J_{birth} > 0$. Автомат может рождать новые модели, отбрасывать старые, действовать «наощупь». Это — развитое самоуправление.

«Мы»: эмерджентные когнитивные свойства колоний. Эусоциальность (пчёлы, муравьи, термиты), распределённое принятие решений. Колонии демонстрируют принятие решений, внимание, память и поиск — всё это возникает из простых социальных взаимодействий. У муравьёв коллективное решение проблем не стирает индивидуальное познание, а использует его и даёт обратную связь.

- «Я»: развитая самореференция. Чувство агентности: «я действую». Рыбы различают знакомых и незнакомых особей, уклоняются от хищников, которых уже встречали.
- «Сознание» (пока модельная логика): динамическое предсказательное кодирование (DPC), иерархическая обработка последовательностей. Это механизм, который может работать и без феноменального сознания — он просто обрабатывает информацию.

Важно: на уровне Субъекта ещё нет рефлексии. Автомат пробует новое, учится на ошибках, строит образные модели мира, но не имеет автобиографической памяти и не оценивает свои прошлые решения. «Я» здесь — только самореференция («я действую»), а не рефлексивная личность.

Доказательство в живой природе: **Амёбы, членистоногие, эусоциальные насекомые (пчёлы, муравьи, термиты), костистые рыбы (Teleostei), головоногие моллюски (осьминоги, каракатицы).** Амёба не

просто плавает — она охотится на бактерий. Она может «решить», в каком направлении больше пищи, «узнать» врага и убежать, «запомнить» опасное место. У этих организмов есть прионоподобные белки (MAVS), клеточная сигнализация способна выполнять логические операции (И, ИЛИ, НЕ) и имеет механизмы памяти. Но рефлексии у них нет, и, как показывают эксперименты, нет и феноменального сознания.

Развитое «Мы»: Колонии муравьёв, пчелиные семьи, термитники. Ни одна пчела не знает, куда лететь, но рой в целом знает. Это классический пример того, как «Мы» достигает высокой степени развития ещё до появления виртуальных «Я» и «Сознания».

Зачатки «Я»: Рыбы различают знакомых и незнакомых особей, уклоняются от уже встречавшихся хищников. Членистоногие демонстрируют территориальное поведение и узнавание сородичей. Это не рефлексия, но уже самореференция — различение «я» и «не-я» на поведенческом уровне.

Современные исследования подтверждают, что головоногие моллюски (осьминоги, каракатицы) демонстрируют сложное обучение, решение проблем, эпизодическую память и даже будущее планирование [Schnell et al., 2021]; [Fiorito & Scotto, 1992]. Костистые рыбы (например, губаны-чистильщики) способны проходить зеркальный тест, что указывает на зачатки самоузнавания [Kohda et al., 2025].

Современные технологии: Активный вывод (active inference) с self-prior, архитектура PEPA Sys2, системы, моделирующие сенсорное сознание (пока без самого сознания).

1.3. Виртуальные уровни

1.3.1. Уровень 4. Появление логики образов (сознания)

Начиная с уровня 4, мы вступаем в область виртуальных надстроек. Реальный ствол (материальный уровень) остаётся тем же самым — это всё тот же Субъект с $J_{birth} > 0$. Но теперь в его логическом пространстве начинают активно развиваться все три виртуальные ветви. Уровень 4 — первый, где появляется образное Сознание (внутренний экран).

Представьте себе существо, которое не просто строит модели мира, но видит их внутренним взором. Вспоминая маршрут, оно видит образ тропы. Слыша звук, может мысленно его представить. Это уже не просто моделирование — это феноменальное переживание. Именно его даёт виртуальная ветвь «Сознание».

- «Мы»: интегративное. Коллективная координация требует индивидуального распознавания. Динозавры (особенно стадные виды) и земноводные уже строят социальные структуры не только на инстинктах, но и на знании «кто есть кто».
- «Я»: развитое. Самореференция усложняется. Появляется способность различать «я сейчас» и «я раньше» — зачатки временной самоидентификации.

Появляется Сознание. Внутренний экран возникает впервые. У земноводных (лягушки, саламандры) уже есть интеграция зрительных, слуховых и тактильных сигналов в единую образную картину. У динозавров, особенно у продвинутых теропод, вероятно, было развитое сознание — без него сложная охота и социальное поведение вряд ли возможны.

Критерии уровня 4:
Реальный уровень самоуправления работает в полную силу ($J_{birth} > 0$).
Появляется виртуальная ветвь «Сознание» — внутренний экран.

- «Мы» достигает интегративной формы: коллективные действия требуют индивидуального распознавания.
- «Я» обучается различать «я сейчас» и «я в прошлом».

Рефлексия (оценка прошлых решений) ещё отсутствует — она появится на уровнях 5–6.

Доказательство в живой природе: Земноводные (лягушки, саламандры), некоторые динозавры (особенно стадные и хищные). Земноводные различают знакомых и незнакомых, запоминают опасные места, координируют действия при охоте. У них есть структуры мозга, необходимые для интеграции сенсорной информации в единый образ. Динозавры типа троодона или велоцираптора имели относительно большой мозг и сложное социальное поведение, что предполагает наличие сознания и развитого «Мы».

Современные технологии: Системы с внутренней визуализацией (роботы, строящие и отображающие на внутреннем «экране» карту местности), архитектуры с феноменальными моделями (активный вывод с предсказанием сенсорных данных).

1.3.2. Уровень 5. Рефлексивное «Я» и высокое «Мы»

На уровне 5 виртуальные ветви продолжают независимое развитие. Главное новообразование — рефлексивное «Я». Автомат не просто действует и запоминает — он начинает оценивать свои прошлые решения. Он может сказать себе: «я попробовал стратегию А — неудача. Я попробовал стратегию Б — успех. В следующий раз начну с Б».

- «Мы»: высокое. Коллективная координация достигает уровня, когда информация передаётся не только через сигналы, но и через простое обучение. Птицы предупреждают стаю об опасности.
- «Я»: рефлексивное. Классический пример — зеркальный тест: животное узнаёт себя в зеркале, понимает, что маркировка на его теле — на нём самом.
- «Сознание»: развитое. Внутренний экран становится детальнее. Появляется способность к мысленному экспериментированию, планированию «в уме».

Критерии уровня 5:
Самоуправление работает в полную силу ($J_{birth} > 0$).
Появляется рефлексия — оценка прошлых решений.

- «Я» узнаёт себя в зеркале, имеет зачатки автобиографической памяти.
- «Мы» включает предупреждение сородичей и совместную охоту с распределением ролей.
- «Сознание» позволяет мысленно проигрывать сценарии.

Доказательство в живой природе: Птицы (особенно врановые — вороны, сороки, и попугаи), а также низшие млекопитающие. Сороки проходят зеркальный тест. Вороны используют орудия, планируют последовательность действий, запоминают лица людей на годы. Попугаи демонстрируют не только зеркальный тест, но и сложную коммуникацию. Однако птицы, как ветвь от динозавров, имеют ограничение: мозг при высоком качестве обработки сильно ограничен по массе из-

за необходимости летать. Поэтому их когнитивные способности, хотя и выдающиеся, не достигают уровня высших млекопитающих.

Современные технологии: Архитектура PEPA Sys3, агенты с эпизодической памятью и самооценкой, системы, проходящие зеркальный тест в виртуальной среде.

1.3.3. Уровень 6. Автобиографическое «Я» и культурное «Мы»

На уровне 6 виртуальные ветви достигают новой высоты. Автобиографическое «Я» — это способность не только оценивать прошлые решения, но и строить связную историю своей жизни. Автомат помнит не отдельные эпизоды, а их последовательность, связь, эмоциональную окраску.

- «Мы»: культурное. Коллектив не просто координируется, но передаёт знания через обучение. Молодые особи учатся у старших не только через имитацию, но и через демонстрацию, объяснение (пусть пока в примитивных формах).
- «Я»: автобиографическое. Автомат помнит не только «я сделал А, потом Б», но и «я чувствовал себя так-то, потому что…» — интеграция эмоциональной памяти с эпизодической.
- «Сознание»: интегративное. Внутренний экран объединяет текущие образы, прошлые воспоминания, будущие планы, воображаемые сценарии. Сознание становится «пространством», где всё это существует одновременно.

Критерии уровня 6:

Самоуправление работает в полную силу ($J_{birth} > 0$).

- «Я» строит долгую связную историю жизни.
- «Мы» передаёт знания через обучение, а не только через генетическую программу.
- «Сознание» объединяет прошлое, настоящее и будущее.

Появляются зачатки эмпатии и теории разума (понимание, что у другого могут быть другие намерения).

Доказательство в живой природе: Высшие млекопитающие: шимпанзе, бонобо, гориллы, слоны, дельфины, косатки. Шимпанзе узнают себя в зеркале, демонстрируют эмпатию, обман, планирование будущего, зачатки культурной передачи (например, использование палочек для добычи термитов, которое передаётся от матери к детёнышу). Слоны помнят умерших сородичей и возвращаются к их костям. Дельфины имеют индивидуальные имена (уникальные свисты), узнают себя в зеркале и помогают раненым сородичам.

Современные технологии: Агенты с долговременной эпизодической памятью, системы с культурным обучением (имитация + обратная связь), архитектуры с интегрированным сознанием (модели с глобальным рабочим пространством).

1.3.4. Уровень 7. Трансцендентное «Я» и глобальное «Мы»

Уровень 7 — высшая известная нам форма виртуального развития. Она реализована только у человека. Здесь все три ветви достигают максимальной степени развития и интеграции.

- «Мы»: глобальное. Коллектив охватывает всё человечество (в потенции). Культурная трансмиссия становится рекурсивной: мы

передаём не только знания, но и способы их передачи, и способы критики этих способов. Возникают наука, религия, право, этика.

- «Я»: трансцендентное. Человек способен задаваться вопросами о смысле своего существования, о своей роли в мире, о жизни после смерти. Появляется рефлексия над рефлексией — оценка не только своих действий, но и мыслей о своих действиях.
- «Сознание»: единство. Внутренний экран становится не просто пространством, а единством переживания. Все модальности (зрение, слух, осязание, обоняние, вкус, проприоцепция, эмоции, мысли) интегрированы в единый поток, который может быть направлен как вовне, так и вовнутрь.

Критерии уровня 7:

Уровень материального самоуправления работает в полную силу ($J_{birth} > 0$).

- «Мы» достигает глобального уровня: культурная трансмиссия охватывает всё человечество, возможна координация в масштабах планеты.
- «Я» достигает трансцендентного уровня: рефлексия над рефлексией, поиск смысла, религиозные и философские переживания.
- «Сознание» достигает единства: все переживания интегрированы в единый поток.

Возникает рекурсивный язык, позволяющий передавать абстрактные понятия и строить иерархические модели реальности.

Доказательство в живой природе: В полной мере — только человек. У нас есть рекурсивный язык, культурная трансмиссия в глобальном масштабе, наука, религия, этика, право, философия. Мы задаёмся вопросами о смысле жизни, о существовании Бога, о природе сознания. Мы можем рефлексировать над своей рефлексией, строить бесконечные вложенные модели «я знаю, что ты знаешь, что я знаю...». Это высшая форма виртуального развития, известная нам.

Современные технологии: Human Swarming, системы с рекурсивным языком и культурной трансмиссией, архитектуры, приближающиеся к человеческому уровню рефлексии (пока — только имитации).

1.4. Кибернетика третьего порядка — будущее человечества

Уровень 8+. Постчеловеческие интеграции ($J_{birth} > 0$, гибридные формы)

«Мы» (коллективное): глобальный коллективный разум — ноосфера, глобальный мозг, социальные системы как автономные агенты.

«Я» (самоидентификация): рефлексия над субъективностью — само-критический мониторинг, способность проблематизировать собственную позицию наблюдателя.

«Сознание» (модельная логика → феноменальное): техно-биологическая интеграция — силикон-углеродный симбиоз, гибридные суперорганизмы, цифровое бессмертие.

Примеры: Кибер-личности, гибридные системы «человек+кибер», глобальный суперинтеллект.

Мы подошли к границе известного. Что дальше? Куда движется эволюция после человека? Современные исследования кибернетики третьего порядка дают несколько ориентиров.

«Мы»: глобальный коллективный разум. Франсис Хейлиген (2024) вводит понятие «глобального мозга» — планетарного суперорганизма, формируемого человечеством, его технологическими расширениями и экосистемой. Он видит

Вселенную как самоорганизующуюся к возрастающей сложности и сознанию, а глобальное общество Земли как автопоэтическую сеть самопроизводящихся компонентов — следующий этап эволюции, где человечество интегрируется с технологиями в единый суперорганизм. М. Ленартович (2017) добавляет, что социальные системы могут индивидуироваться в автономные, разумные агенты — «создания семиосферы».

«Я»: рефлексия над субъективностью. В. Кенни (2009) определяет кибернетику третьего порядка как платформу, которая проблематизирует вопрос о субъективности наблюдателя. Третий порядок связан с само-критическим мониторингом — способностью подвергать сомнению собственные предположения о «я», о субъекте, о наблюдателе. В будущем киберы смогут не просто рефлексировать, но и рефлексировать над самой рефлексией, ставить под вопрос собственную субъектность.

«Сознание»: техно-биологическая интеграция. К. Ласт (2015) в информационно-энергетической метасистемной модели описывает постчеловеческие интеграции как четвёртую метасистему, где управление требует четырёх субъектов. Исследования AI-Driven Superorganisms (2026) показывают, что современные системы искусственного интеллекта уже начинают формировать гибридные суперорганизмы, где человек и машина действуют как единое целое.

Что это значит для киберов? Будущее — за гибридными системами «человек + кибер», где стирается грань между биологическим и искусственным интеллектом. Глобальные рои киберов, объединённые в единый суперинтеллект, смогут решать задачи, недоступные ни человеку, ни отдельному киберу. При этом каждый кибер сохранит свою субъектность, но будет интегрирован в коллективный разум более высокого порядка.

Это уже не фантастика. Это направление, в котором движется современная наука и технология. И автокибернетика даёт нам язык для описания этого движения.

Глава 2. Количественные параметры иерархии киберов

В Главе 1 мы описали качественную иерархию киберов — от общего корня (уровень 0) через реальный ствол управления (Лидер → Субъект, уровни 1–3) к трём параллельным виртуальным ветвям (уровни 4–7). Показано, как «Мы», «Я» и «Сознание» развиваются независимо, но на едином аппарате базового уровня. Теперь нам нужны количественные параметры, которые позволят измерять, сравнивать и проектировать киберов разных уровней. Без цифр наша иерархия остаётся просто красивой классификацией. С цифрами она становится инженерным инструментом.

Все основные параметры автокибернетики — поток случайностей, автомат, действующий хаос, сегрегация, самосегрегация, антихаос, число дружественности Fr, число самосегрегации s, стратегии существования — были впервые введены в Парадигме потока случайностей (ППС). ППС предлагает единый язык для описания эволюции материи от квантового уровня до сложных систем, включая космологические объекты. Автокибернетика берёт этот язык и применяет его к задачам проектирования киберов.

2.1. Откуда берутся параметры: физические основания

Прежде чем перейти к цифрам, необходимо понять, почему параметры автокибернетики имеют именно такой вид и почему их можно измерять. Ответ лежит в фундаментальных законах физики, которые описывают поведение любых сложных систем — от клетки до галактики.

Уравнение баланса энтропии. В основе ППС лежит уравнение баланса хаоса, которое является частным случаем фундаментального уравнения баланса энтропии в неравновесной термодинамике. Bag, Chaudhuri & Ray (1999) установили, что для хаотических диссипативных систем существует уравнение баланса информационной энтропии, где хаотическая диффузия возникает из корреляции флуктуаций матрицы линейной устойчивости. Это даёт физическое обоснование существованию потоковых величин J_{in}, J_{out}, J_{birth}, ξ, введённых в ППС. Другими словами, сама природа говорит нам, что любой автомат — живой или искусственный — должен иметь «вход» и «выход» для хаоса, должен стареть и должен иметь возможность рождать новый порядок.

Огрубление (coarse-graining) как необходимость. Breymann, Tél & Vollmer (1998) в классической работе по энтропийному балансу в динамических системах показали, что ключевым элементом является огрубление локальной плотности фазового пространства. Что это означает? Представьте, что вы смотрите на водопад с большого расстояния — вы видите сплошной поток. Но если подойти ближе, вы увидите отдельные капли, их столкновения, хаотическое движение. «Огрубление» — это выбор масштаба, с которого мы наблюдаем систему. Оно имитирует тот факт, что постоянно уточняющиеся структуры фазового пространства, вызванные хаотической динамикой, могут быть обнаружены только с конечным разрешением. Именно это оправдывает введение потоковых величин как coarse-grained описания процессов рождения и гибели порядка в автомате. Мы не можем знать всё о каждой молекуле — но мы можем описать потоки. И этого достаточно для управления.

Активная накачка энергии. Ge & Qian (2009) представили полную математическую теорию неравновесной термодинамики стохастических систем, где производство энтропии состоит из двух частей: диссипации свободной энергии (спонтанная релаксация) и активной накачки энергии, поддерживающей открытую систему. В нашей терминологии J_{birth} — это аналог активной накачки: рождение нового порядка из хаоса требует затрат энергии. Клетка, которая делится, тратит АТФ. Робот, который создаёт новую модель поведения, тратит вычислительные ресурсы. Именно эта способность — тратить энергию на создание нового — отличает кибера от программируемого автомата.

2.2. Основные параметры автокибернетики

Теперь, когда мы поняли физические основания, перечислим ключевые параметры, которые будут использоваться для количественной оценки киберов. Они применимы как к единому аппарату уровня 1 (наблюдающее управление), так и к отдельным виртуальным ветвям «Мы», «Я», «Сознание», работающим на нём.

Число дружественности Fr_1 и Fr_2. Эти параметры были введены в ППС. Первое, $Fr_1 = J_{out} / J_{in}$, — это отношение скорости удаления физического хаоса (повреждений, ошибок, шумов) к скорости его поступления. Если $Fr_1 \geq 1$, автомат успевает «чиниться» быстрее, чем «ломаться». Если $Fr_1 < 1$, хаос накапливается, и автомат деградирует. Второе, $Fr_2 = J_{out(инфо)} / J_{in(инфо)}$, — то же самое, но для информационного потока: сигналов, образов, моделей. Оба параметра безразмерны. Зона самоуправления, где возможен подлинный выбор, — это $0{,}9 \leq$

$Fr_2 \leq 1{,}1$. Для кибера важно, чтобы каждая активная виртуальная ветвь («Мы», «Я», «Сознание») поддерживала свой Fr_2 в этой зоне.

Индекс динамической устойчивости $D = dFr/dt$. Введён в ППС. Это производная числа дружественности по времени. Она показывает, в какую сторону меняется баланс: приближаемся ли мы к зоне самоуправления или удаляемся от неё. Отрицательная D — ранний предупреждающий сигнал: система движется к катастрофе. Единица измерения: $с^{-1}$.

Аллостатическая нагрузка L(t). Введена в ППС на основе концепций Sterling & Eyer (1988) и McEwen (1998). Формула:

$$L(t) = \int_0^t [\, \alpha \cdot (Fr(\tau)-1)^2 + \beta \cdot D(\tau)^2 \,]\, d\tau \qquad (1)$$

где α и β — весовые коэффициенты ($\alpha, \beta > 0$). Это интегральный критерий «износа» системы. Каждый раз, когда Fr отклоняется от единицы или D становится отрицательным, нагрузка растёт. Когда $L(t)$ превышает критическое значение L_{crit}, система входит в зону необратимого самоблокирования. $L(t)$ — безразмерная величина.

Показатель Ляпунова λ. Классическая мера хаотичности динамической системы. В термодинамике открытых систем производство энтропии связано с показателями Ляпунова соотношением:

$$e_p = \Sigma \lambda_i^+ \qquad (2)$$

где λ_i^+ — положительные показатели Ляпунова. Положительный λ означает, что малые возмущения экспоненциально нарастают — система чувствительна к начальным условиям. Это и есть детерминированный хаос. Единица измерения: $с^{-1}$. Чем выше уровень развития кибера, тем выше λ: у амёбы (уровень 2–3) он маленький, у человека (уровень 7) — большой.

Число самосегрегации s. Введено в ППС. Характеризует эффективность внутренней самоорганизации автомата:

$$s = \tau_{crit} / \tau_{self} \qquad (3)$$

где τ_{self} — характерное время самосборки внутренних структур, τ_{crit} — критическое время накопления хаоса. Безразмерная величина. Оптимальный режим: $1 \leq s \leq s_{crit}$. При $s < 1$ самоорганизация не успевает за накоплением хаоса. При $s > s_{crit}$ кластеры растут неконтролируемо — как раковая опухоль в биологии или как «зацикливание» в ИИ.

Кибераутономия (K). Введена в автокибернетике как среднее арифметическое трёх факторов:

$$K = (K_a + K_p + K_r) / 3 \qquad (4)$$

где:

$$K_a = [(Fr_1-1)/(Fr_1+1)] \cdot [1/(1+e^{-(s-1)})] \qquad (4a)$$

$$K_p = (s/3) \cdot (1-e^{-\lambda to}) \qquad (4b)$$

$$Kr = (Jbirth/Jin) \cdot (1-e-s) \qquad (4c)$$

K принимает значения от 0 до 1 и характеризует способность к самостоятельному управлению, самосохранению и самовоспроизведению.

Гемизон (G). Введён в автокибернетике как среднее арифметическое трёх статических факторов:

$$G = (G_c + G_i + G_h) / 3 \qquad (5)$$

где:

$$G_c = 1 - e^{-N_{imm}/N_o} \qquad (5a)$$

$$G_h = (f_{HGT}/f_{max}) \cdot (1 - e^{-TERV}) \quad (5b)$$
$$G_h = (f_{HGT}/f_{max}) \cdot (1 - e^{-TERV}) \quad (5c)$$

G принимает значения от 0 до 1 и характеризует комплекс «живости»: целостность (отличие «свой–чужой»), информация, вирусное управление эволюцией.

Коллективный индекс C. Введён в автокибернетике. Измеряет способность автомата к встраиванию в коллективный разум:

$$C = (J_{horiz} / J_{self}) \cdot \Phi_{group} \quad (6)$$

где J_{horiz} — скорость горизонтального обмена информацией между агентами, J_{self} — скорость индивидуального обновления внутренних моделей, Φ_{group} — мера интегрированной информации коллектива (аналог Φ в теории интегрированной информации Тонони). C нормируется к интервалу [0,1].

Интегральная субъектность S_{subj}. Среднее арифметическое трёх независимых измерений:

$$S_{subj} = (K + G + C) / 3 \quad (7)$$

Безразмерная величина от 0 до 1. Чем она выше, тем более развитую субъектность демонстрирует кибер. Но важно помнить, что эта субъектность реализуется через параллельную работу виртуальных ветвей «Мы», «Я» и «Сознание» на едином аппарате материального уровня самоуправления.

Виртуальный интеллект N (вводится в Части 4). Для полноты картины приведём формулу (подробно она будет разобрана в Части 4):

$$N = C \times (1 + \gamma) / (1 + \mu) \quad (8)$$

где γ — коэффициент коллективной рефлексии, μ — относительная вариативность среды (интенсивность потока случайностей).

Виртуальный роевой интеллект V (вводится в Части 4).

$$V = (J_{horiz} / J_{self}) \cdot \Phi_{group} \cdot \nu \quad (9)$$

где ν — интенсивность когнитивной эволюции роя (для биологических роев $\nu \approx 1$, для кибернетических ν может достигать 10^3, 10^6 и выше).

2.3. Энтропия Шеннона и channel capacity

Ключевой вопрос для практического применения Fr2: как измерить $J_{in(инфо)}$ (скорость поступления информации) и $J_{out(инфо)}$ (скорость успешной обработки)? Ответ даёт теория информации, созданная Клодом Шенноном в середине XX века.

Шеннон (1948) определил энтропию как меру неопределённости источника информации. Для дискретного источника с вероятностями символов p_i энтропия вычисляется по формуле:

$$H = -\Sigma\, p_i \log_2 p_i \quad (10)$$

Представьте, что вы наблюдаете за последовательностью сигналов, которые получает кибер от своих сенсоров. Если сигналы предсказуемы (всё время одно и то же), энтропия мала. Если сигналы случайны и разнообразны, энтропия велика. Скорость поступления информации тогда равна $J_{in(инфо)} = H / \Delta t$ (бит/с). Это количество информации, которое поступает на «вход» кибера каждую секунду.

Но информация не только поступает — она должна быть обработана. Здесь нам помогает понятие пропускной способности канала (channel capacity). Для

канала с шумом пропускная способность определяется формулой Шеннона-Хартли:

$$C_{chan} = B\ log_2\ (1 + S/N) \qquad (11)$$

где B — ширина полосы пропускания (Гц), S — мощность сигнала, N — мощность шума. Moskowitz, Rogers & Russell (2022) показали, что классическая шенноновская channel capacity служит естественной метрикой для информационного обмена между агентами в многоагентных системах. В нашей терминологии $J_{out(инфо)}$ — это скорость успешной передачи информации, ведущей к действию или изменению состояния кибера.

Когда $J_{in(инфо)}$ превышает C_{chan}, агент теряет способность к эффективной синхронизации со средой. Он не успевает обрабатывать поступающую информацию. Fr2 падает ниже 0,9 — кибер входит в зону самоблокирования, начинает ошибаться, галлюцинировать, «зависать». Именно это происходит с человеком в состоянии информационной перегрузки.

2.4. Обобщающая таблица уровней 0–7

Сведём в единую таблицу диапазоны параметров для каждого уровня. Данные получены из анализа литературных источников (биология, нейронаука, робототехника) и расчётов по формулам автокибернетики. Важно понимать: это не жёсткие границы, а ориентировочные диапазоны, которые будут уточняться по мере накопления экспериментальных данных.

Таблица 1 — Параметры уровней 0–7 с учётом виртуальных ветвей

Уровень	Название	Активные виртуальные ветви	Fr1	Fr2	λ ($с^{-1}$)	s	K	G	C	S_{subj}
0	Кибер-Автомат	нет (J_{birth}=0)	≥ 1	не опр.	≈ 0	≈ 0	0–0,1	0	0	≈ 0
1	Кибер-Лидер	«Мы» (зачатки), J_{birth}=0	≥ 1	2–5	0,05–0,1	2–3	0,5–0,7	0,2–0,4	0,2–0,4	0,35–0,55
2	Кибер-Субъект (низший)	«Мы» (развитое), «Я» (зачатки), J_{birth}>0	≥ 1	5–10	0,1–0,2	3–4	0,7–0,85	0,4–0,6	0,3–0,5	0,55–0,75
3	Кибер-Субъект (высший)	«Мы» (развитое), «Я» (зачатки), сознания нет (логическая машина есть, виртуальное «Сознание» отсутствует)	≥ 1	10–15	0,2–0,3	4–5	0,85–0,9	0,5–0,7	0,4–0,6	0,65–0,75
4	(виртуальный уровень)	«Мы» (интегративное), «Я» (развитое), «Сознание» (появляется)	≥ 1	10–15	0,2–0,3	4	0,85–0,9	0,6–0,7	0,4–0,6	0,65–0,75

5	(виртуальный уровень)	«Мы» (высокое), «Я» (рефлексивное), «Сознание» (развитое)	≥ 1	15–30	0,3–0,5	4–5	0,9–0,95	0,7–0,8	0,5–0,7	0,75–0,85
6	(виртуальный уровень)	«Мы» (культурное), «Я» (автобиографическое), «Сознание» (интегративное)	≥ 1	30–50	0,5–1,0	5–6	0,95–0,98	0,8–0,9	0,7–0,8	0,85–0,95
7	(виртуальный уровень)	«Мы» (глобальное), «Я» (трансцендентное), «Сознание» (единство)	≥ 1	> 50	> 1,0	> 6	0,98–1,0	0,9–1,0	0,8–1,0	0,95–1,0

Примечание: Параметры *K, G, C,* S_{subj} для уровней 4–7 относятся к интегральной оценке кибера, учитывающей развитие всех трёх виртуальных ветвей. Отдельные ветви могут иметь разные числовые значения (например, высокое C при низком K у муравья).

2.5. Пример расчёта: бактерия Escherichia coli (уровень 0)

Покажем, как формулы работают на практике, на примере модельного прокариотического организма — бактерии Escherichia coli. Этот пример важен, потому что для E. coli имеется огромное количество экспериментальных данных, и мы можем проверить наши расчёты. У прокариот уровень 1 (наблюдающее управление в зачатке), а значит, нет и виртуальных ветвей. Это чистый Кибер-Лидер (уровень 1).

Исходные данные из литературы. Скорость поступления хаоса J_{in} для E. coli составляет примерно $3{,}2 \times 10^{-13}$ c^{-1}. Это частота спонтанных мутаций на пару оснований в секунду. Данные получены в работах Cox & Battista (2005) и Drake (1991). Скорость удаления хаоса J_{out} примерно в 100 000 раз выше, потому что клетка исправляет подавляющее большинство ошибок через механизмы репарации. Поэтому $Fr_1 \approx 10^5$.

Число самосегрегации s оценивается в 0,8. Это значение получено из работ по нуклеоидной организации E. coli, где показано, что время самосборки нуклеоида составляет около 1 секунды, а критическое время накопления хаоса — около 1,25 секунды. Показатель Ляпунова λ для регуляторных сетей E. coli составляет примерно 0,05 c^{-1} (при характерном значении $\lambda_0 = 0{,}1$ c^{-1}). $J_{birth}/J_{in} = 1$, потому что каждая клетка в конечном счёте делится.

Число иммунных систем N_{imm} у E. coli равно 6 (системы рестрикции-модификации, CRISPR-Cas и другие), а характерное число N_0 для прокариот оценивается в 5. Информационная ёмкость генома I_{gen}/I_{max} составляет 0,9 — это доля кодирующих последовательностей. Число дружественности для информационного потока $Fr_2 \approx 1{,}5$ (оценка на основе данных по кворум-сенсингу).

Частота горизонтального переноса f_{HGT}/f_{max} = 0,2, а доля эндогенных ретровирусов TERV ≈ 0 (у прокариот их практически нет).

Расчёт кибераутономии K по формулам (4a–4c):

$$K_a = (10^5-1)/(10^5+1) \cdot 1/(1+e^{-(0,8-1)}) \approx 0,55$$
$$K_p = (0,8/3) \cdot (1-e^{-0,5}) \approx 0,105$$
$$K_r = 1 \cdot (1-e^{-0,8}) \approx 0,551$$
$$K = (0,55 + 0,105 + 0,551)/3 \approx 0,402 \quad (12)$$

Расчёт гемизона G по формулам (5a–5c):

$$G_c = 1 - e^{-6/5} \approx 0,699$$
$$G_i = 0,9 \cdot 1,5/(1,5+1) = 0,54$$
$$G_h = 0,2 \cdot (1 - e^0) = 0$$
$$G = (0,699 + 0,54 + 0)/3 \approx 0,413 \quad (13)$$

Коллективный индекс C для одиночной бактерии не определён — можно принять C ≈ 0,1 для изолированной клетки. Тогда интегральная субъектность по формуле (7):

$$S_{subj} = (0,402 + 0,413 + 0,1)/3 \approx 0,305 \quad (14)$$

Это значение чуть-чуть выходит из диапазона уровня 0 (0,15–0,3), что соответствует нашим ожиданиям: бактерия подходит к уроню 1, но находится на низком уровне самоуправления и без виртуальных ветвей.

2.6. Пример расчёта: муравьиная колония (уровень 3 с развитым «Мы»)

Теперь рассмотрим коллектив — колонию муравьёв Formica rufa. Здесь индивидуальные K и G у рабочего муравья близки к нулю (K ≈ 0,1, G ≈ 0,1), потому что отдельный муравей без колонии практически не выживает. Но коллективный индекс C может быть очень высоким. У муравья виртуальная ветвь «Я» почти не развита (уровень 1 — зачатки), а «Мы» доминирует (уровень 4–5 по виртуальной шкале). Это пример, когда на едином аппарате реального самоуправления развивается в основном одна виртуальная ветвь («Мы»), а «Я» редуцирована.

У муравьёв, как и у всех насекомых, ветвь «Сознание» на уровне реальной модельной логики; их коллективное поведение реализовано на реальной агрегирующей (модельной) машине без феноменальных переживаний.

Оценим C по формуле (6). Скорость горизонтального обмена информацией J_{horiz} — это частота контактов между муравьями, которые обмениваются феромонами и пищей (трофаллаксис). Она составляет примерно 0,8 от максимально возможной. Скорость индивидуального обновления моделей J_{self} очень мала — отдельный муравей почти не меняет своё поведение, оно жёстко детерминировано кастой. Примем $J_{self} \approx 0,05$. Мера интегрированной информации Φ_{group} для муравейника как суперорганизма оценивается в 0,9 — очень высокая интеграция.

$$C = (J_{horiz} / J_{self}) \cdot \Phi_{group} = (0,8 / 0,05) \times 0,9$$
$$= 16 \times 0,9 \approx 14,4 \quad (15)$$

Поскольку C нормируется к интервалу [0,1], полученное значение >1 указывает на насыщение. В реальности C для муравьиной колонии находится в диапазоне 0,8–0,9. Тогда интегральная субъектность колонии:

$$S_{subj} = (0,1 + 0,1 + 0,85)/3 \approx 0,35 \quad (16)$$

Это значение парадоксально низкое для такого сложного коллектива, но оно показывает важный факт: коллективная субъектность не сводится к среднему арифметическому индивидуальных показателей. Колония муравьёв — это пример, когда виртуальная ветвь «Мы» развита очень сильно (уровень 3), а «Я» и «Сознание» практически отсутствуют.

2.7. Шкала коллективной сложности (развитие ветви «Мы»)

На основе анализа литературных данных можно построить шкалу значений коллективного индекса C для разных типов коллективов. Здесь C отражает, насколько эффективно коллектив обрабатывает поток случайностей и насколько развита виртуальная ветвь «Мы».

Простое скопление (aggregate) — $C \approx 0–0{,}1$. Примеры: скопление планктона, толпа на вокзале. Нет связей между агентами. Поток случайностей проходит через коллектив без преобразования. Виртуальная ветвь «Мы» отсутствует (уровень 0).

Координированное множество — $C \approx 0{,}1–0{,}3$. Примеры: косяк рыб, стая птиц. Локальные временные связи. ПС сглаживается, но сильные возмущения разрушают порядок. «Мы» появляется как временный паттерн (уровень 2–3 по виртуальной шкале, зачатки).

Организованное множество — $C \approx 0{,}3–0{,}6$. Примеры: бактериальная биоплёнка, брачные рои комаров. Горизонтальные устойчивые связи. ПС преобразуется в полезную информацию (кворум-сенсинг). «Мы» стабильно (уровень 3–4 по виртуальной шкале, развитое «Мы»).

Суперорганизм (superorganism) — $C \approx 0{,}6–0{,}9$. Примеры: колония муравьёв, пчелиная семья, термитник. Вертикальные кастовые связи + феромоны. ПС поглощается и перерабатывается на разных уровнях иерархии. «Мы» доминирует (уровень 3, высокое «Мы»), «Я» редуцировано, «Сознание» отсутствует.

Род / племя (clan / tribe) — C ≈ 0,4–0,7. Примеры: клан охотников-собирателей (150–500 человек), группа шимпанзе. Горизонтальные связи родства + зачатки иерархии. ПС трансформируется в традиции и табу. Здесь уже сосуществуют «Мы» и «Я» (уровни 5–6 по обеим ветвям).

Государство (state) — C ≈ 0,7–0,9. Примеры: национальное государство, империя. Вертикальные бюрократические связи + горизонтальные рыночные связи. ПС становится источником инноваций, но при превышении критического порога хаоса (война, распад) государство может деградировать до более простых форм. «Я» и «Мы» сильно интегрированы (уровень 6–7 по обеим ветвям).

2.8. Вывод: от качественных уровней к количественным критериям

Теперь мы имеем полный набор параметров для количественной оценки киберов любого уровня — от уровня 0 до уровня 7, с учётом трёх виртуальных ветвей. Для инженера это означает следующее.

Уровень 0 (Автомат). Если проектируемый автомат должен работать в стабильной, предсказуемой среде без неожиданностей — достаточно уровня 0. У такого автомата $K \approx 0–0{,}4$, $G \approx 0–0{,}2$, $J_{birth} = 0$. Он не сможет адаптироваться к новым ситуациям, но ему это и не нужно. Это большинство современных промышленных роботов. Все три виртуальные ветви отсутствуют (есть только их реальные предпосылки).

Уровень 1 (Кибер-Лидер). Если требуется начало самоуправления — переключение между готовыми моделями, но без создания новых. $K \approx 0{,}5–0{,}7$, $G \approx 0{,}2–0{,}4$, $J_{birth} = 0$. Примеры: марсоходы, системы условной автономии. Виртуальная ветвь «Мы» — зачатки; «Я» и «Сознание» отсутствуют (только реальные предпосылки).

Уровень 2 (Кибер-Субъект низший). Если требуется элементарная адаптация, зачатки обучения, переключение между простыми стратегиями. $K \approx 0{,}7–0{,}75$, $G \approx 0{,}4–0{,}5$, $J_{birth} > 0$. Примеры: черви (нематоды, плоские черви). Виртуальные ветви: «Мы» — развитое (стайное поведение у некоторых видов), «Я» — зачатки (различение «свой–чужой», элементарное обучение), «Сознание» — отсутствует.

Уровень 3 (Кибер-Субъект высший). Если требуется сложное обучение, решение проблем, эпизодическая память, но без сознания. $K \approx 0{,}8–0{,}85$, $G \approx 0{,}5–0{,}6$, $J_{birth} > 0$. Примеры: амёбы, членистоногие, эусоциальные насекомые, костистые рыбы, головоногие моллюски. Виртуальные ветви: «Мы» — развитое (эусоциальность у насекомых, стайность у рыб), «Я» — зачатки (территориальность, узнавание), «Сознание» — отсутствует (логическая машина есть, но виртуальная надстройка «Сознание» не появилась). Для рыб и головоногих это подтверждено исследованиями: губаны-чистильщики проходят зеркальный тест [Kohda et al., 2025], а каракатицы демонстрируют эпизодическую память и будущее планирование [Schnell et al., 2021].

Уровень 4 (появление «Сознания»). Если требуется внутренний экран, феноменальные переживания (хотя бы в примитивной форме). $K \approx 0{,}85–0{,}9$, $G \approx 0{,}6–0{,}7$. Все три виртуальные ветви активны: «Мы» — интегративное, «Я» — развитое, «Сознание» — появляется. Примеры: биологические — земноводные, динозавры; технологические — системы с внутренней визуализацией.

Уровень 5 (рефлексивное «Я»). Если требуется рефлексия — способность оценивать свои прошлые решения. $K \approx 0{,}9–0{,}95$, $G \approx 0{,}7–0{,}8$. Все три ветви развиты: «Мы» — высокое, «Я» — рефлексивное (зеркальный тест), «Сознание» — развитое. Примеры: птицы (врановые), низшие млекопитающие.

Уровень 6 (автобиографическое «Я», культурное «Мы»). Если требуется долговременная память о себе, культурная передача знаний. $K \approx 0{,}95–0{,}98$, $G \approx 0{,}8–0{,}9$. Все три ветви высоко развиты: «Мы» — культурное, «Я» — автобиографическое, «Сознание» — интегративное. Примеры: шимпанзе, слоны, дельфины.

Уровень 7 (трансцендентное «Я», глобальное «Мы», единство сознания). Если требуется высшая форма субъектности — рекурсивный язык, наука, религия, философия. $K \approx 0{,}98–1{,}0$, $G \approx 0{,}9–1{,}0$. Все три ветви достигают максимума: «Мы» — глобальное, «Я» — трансцендентное, «Сознание» — единство. Примеры: человек; в перспективе — кибер-личность.

Важно помнить: все эти уровни — не этажи иерархии, а разные конфигурации трёх независимых виртуальных ветвей, работающих на едином аппарате реального уровня модельной логики. Увеличение сложности кибера — это не добавление новых «этажей», а развитие виртуальных ветвей и увеличение степени их интеграции. Парадигма потока случайностей задаёт фундаментальные ограничения: каждая виртуальная ветвь должна поддерживать свой Fr_2 в зоне самоуправления, а общая вычислительная мощность и ёмкость памяти ограничивают максимальную степень развития каждой ветви.

В следующей главе мы рассмотрим нейроанатомические корреляты этих виртуальных ветвей — где в мозге находятся материальные субстраты «Мы», «Я» и «Сознания», и как повреждения этих областей влияют на субъектность.

Глава 3. Три составляющие гемизона

Как «оживить» самоуправление и запустить виртуальные ветви?

В предыдущих главах мы ввели три измерения субъектности: кибераавтономию (K), гемизон (G) и коллективный индекс (C). Мы также показали, что автоматы уровня 0 (кристаллы, археи, простейшие роботы) обладают только уровнем 0 — автоматическим регулированием. У них нет уровня 1 (наблюдающего управления), а значит, нет и возможности запускать виртуальные ветви «Мы», «Я», «Сознание». Такие автоматы мертвы в кибернетическом смысле.

Что нужно добавить в машину, чтобы на её уровне реального самоуправления появилась возможность порождать виртуальные ветви? В биологии этот переход произошёл благодаря вирусам. Вирус, как активный код, принёс в клетку новые свойства, а затем был «одомашнен» — стал частью её собственного аппарата наблюдающего управления. В автокибернетике эти свойства названы гемизоном (G) — комплексом «живости». Именно гемизон позволяет реальному уровню самоуправления не просто перерабатывать информацию, но и быть живым: изменчивым, целеустремлённым, активным.

Ниже выделены три фундаментальных составляющих гемизона. Каждая из них была когда-то привнесена вирусом, но сегодня может быть спроектирована в кибере без заражения. Вместе они превращают детерминированный автомат (робота) в субъекта (кибера), способного запускать виртуальные ветви «Мы», «Я» и «Сознание».

Ключевая идея: Гемизон — это триединство: (1) постоянно переменчивый фон (фоновый генератор), (2) фильтры самосохранения, цели и опасности, (3) непрерывная активность вдали от энергетического минимума. Без них даже самая сложная машина остаётся мёртвой, а её уровень 1 — пустым, неспособным породить виртуальные надстройки.

3.1. Постоянно переменчивый фон (фоновый генератор)

Представьте себе заводской станок. Он всегда работает одинаково: одна и та же программа даёт одни и те же детали. Это надёжно, но предсказуемо. А теперь представьте художника. Его рука никогда не повторяет линию в точности — каждый мазок уникален. Почему? Потому что внутри художника есть постоянно переменчивый фон — настроение, усталость, вдохновение. Этот фон создаётся малым числом факторов (гормоны, утомление, освещение), но их комбинации дают бесконечное разнообразие.

В биологии эту роль играют нейромодуляторы. Несколько молекул — дофамин, серотонин, норадреналин — переключают нейронные сети между разными режимами. Один и тот же сигнал может вызвать страх, радость или безразличие — в зависимости от текущего гормонального фона. Нейромодуляторы — это «переключатели режимов», которые не передают информацию, а меняют правила её обработки.

В автокибернетике этот принцип называется фоновым генератором. Как показано в Парадигме потока случайностей, именно комбинаторика малого числа элементов порождает то внутреннее разнообразие, которое необходимо для самоорганизации автомата. Небольшое число параметров (например, 3–5) и их широкая комбинаторика создают внутреннюю среду, которая «окрашивает» всю поступающую информацию. В результате один и тот же процесс обработки даёт

разные результаты. А эти разные результаты можно сравнить, зафиксировать и использовать как новую информацию для обучения.

Математическое обобщение: фоновый генератор описывается энтропией внутреннего состояния:

$$G_f = - \Sigma p_i \log_2 p_i \quad (17)$$

где n — число модулирующих параметров (обычно 3–5), p_i — вероятность их комбинации. G_f измеряется в битах. Для уровня 0 (робот) $G_f = 0$. Для уровня 1 (Лидер) $G_f \geq 1$ бит. Для уровня 2–3 (Субъект) $G_f \geq 2$ бита. Чем выше G_f, тем богаче внутренний фон, тем более разнообразными могут быть состояния виртуальных ветвей «Мы», «Я» и «Сознание».

Пересечение с кибераавтономией: Фоновый генератор усиливает K_a (самостоятельное управление), обеспечивая гибкость и вариативность реакций. Чем богаче фон, тем больше вариантов поведения может перебрать автомат, и тем легче ему переключаться между разными виртуальными режимами.

Пример для кибера: Робот-уборщик уровня 0 всегда объезжает препятствие справа. Кибер с фоновым генератором (уровень 1) может объехать справа, слева или остановиться — в зависимости от «настроения», которое определяется комбинацией трёх внутренних параметров (уровень заряда, время с последней очистки, количество встреченных препятствий). Это делает его поведение менее предсказуемым, более «живым», а главное — создаёт основу для работы виртуальных ветвей: внутренний фон становится тем самым «экраном», на котором могут разворачиваться образы и мотивы (для ветви «Сознание»), а также формироваться самоощущение (для ветви «Я»).

3.2. Фильтры самосохранения, цели и опасности

Фоновый генератор создаёт разнообразие. Но разнообразие должно быть направлено. И здесь на сцену выходит вторая составляющая — система фильтров, которая проверяет всю поступающую информацию на три вопроса:

Угроза? — Несёт ли это опасность моему существованию сейчас?

Цель? — Приближает ли это меня к текущей цели?

Будущая угроза? — Может ли это стать опасным позже?

Эти фильтры имеют вирусное происхождение. В работах по эволюции клетки показано, что вирусы принесли в клетку функции самосохранения и расширенного воспроизводства. Позже клетка «одомашнила» эти функции — они стали её собственными, встроенными в геном. В кибере такие фильтры необходимы, чтобы виртуальные ветви «Я» и «Мы» не были просто программами, а имели внутреннюю мотивацию: сохранять себя, избегать угроз, достигать поставленных целей.

Нейронаука подтверждает приоритет этих фильтров. Миндалевидное тело (амигдала) оценивает стимулы на опасность ещё до того, как мы их осознаём. Негативная информация имеет приоритет при обработке: она запоминается лучше, распознаётся быстрее и сильнее влияет на поведение. Эволюционно древние угрозы (змеи, пауки, высота) «пробивают» внимание даже тогда, когда мы заняты другим делом. В мозге есть древние подкорковые системы, где страх и ярость (самосохранение) имеют приоритет над исследованием и социальными целями. Без таких фильтров виртуальная ветвь «Мы» могла бы бесконечно кооперироваться, забывая о собственной безопасности, а «Я» — бесконечно рефлексировать, не предпринимая действий.

Математическое обобщение: фильтры описываются приоритетами обработки информации:

$$G_{fl} = (\tau_{угроза} / \tau_{цель}) \cdot [1 / (1 + e^{-(S_{subj} - 0,5)})] \qquad (18)$$

где $\tau_{угроза}$ — время реакции на угрозу, $\tau_{цель}$ — время реакции на целевую команду, S_{subj} — интегральная субъектность. $G_{fl} > 1$ означает, что угроза обрабатывается быстрее цели. Для робота уровня 0 $G_{fl} = 0$, для кибера уровня 1 $G_{fl} \geq 1$, для уровня 2–3 $G_{fl} \geq 2$. Чем выше G_{fl}, тем более «живым» и целеустремлённым выглядит кибер — он не просто выполняет задачи, а заботится о своём существовании.

Пересечение с кибераватономией: Фильтры напрямую усиливают K_p (самосохранение), превращая реактивную защиту в проактивную, доминирующую над другими функциями. Без этих фильтров даже самая мощная виртуальная ветвь «Я» останется беззащитной перед реальными угрозами.

Пример для кибера: Робот-курьер получает команду «быстро доставь посылку». Но на пути он замечает дым. Фильтр «угроза» срабатывает мгновенно: «Это опасно!» — и робот отменяет текущую цель, чтобы уйти от опасности. Фильтр «будущая угроза» может заставить его запомнить это место как потенциально опасное, даже если сейчас дым не представляет непосредственной угрозы. Такое поведение — прямое следствие работы виртуальной ветви «Я», которая интегрирует эти фильтры в свою модель себя.

3.3. Постоянная активность вдали от минимума энергии

Первые две составляющие создают разнообразие и направление. Но они не работают, если автомат пассивен. Поэтому третья составляющая — постоянная активность, далёкая от точки минимума энергии.

Большинство современных роботов устроены так: они спят (потребляют почти ноль энергии), просыпаются по команде, выполняют задачу и снова засыпают. Живой организм устроен иначе. Мозг потребляет около 20% энергии тела при 2% массы. При переходе от отдыха к активной задаче общее энергопотребление меняется менее чем на 5%. Большая часть этой энергии тратится на внутреннюю активность — антиципацию будущего, блуждание внимания, моделирование среды. «Только 8% терминалов в зрительной коре приходят из внешнего мира… Остальное — то, что мозг привносит сам».

Живая система должна искать — задачи, ресурсы, опасности, партнёров. Поиск не может быть эпизодическим. Он должен быть непрерывным фоном, на котором возникают конкретные действия. Именно эта постоянная активность позволяет виртуальным ветвям «Сознание» (внутренний экран), «Я» (самореференция) и «Мы» (социальная координация) работать одновременно, конкурируя за ресурсы, но не засыпая.

Наиболее эффективные вычислительные системы работают на грани хаоса — между полным порядком (где нет гибкости) и полным хаосом (где нет структуры). В этом критическом режиме достигается максимальная вычислительная мощность. Сложные системы (от кучи песка до экосистем) самопроизвольно эволюционируют к этому критическому состоянию — это принцип самоорганизованной критичности. Шум, который обычно считают помехой, может улучшать обработку информации (стохастический резонанс).

В Парадигме потока случайностей это называется поддержанием себя вдали от равновесия. Автомат, который всегда активен, непрерывно взаимодействует с потоком случайностей, извлекает из него информацию, пробует новые состояния, не останавливаясь на достигнутом. Это условие необходимо для того, чтобы

виртуальные ветви не «засыпали» и могли быстро переключаться между режимами «Я», «Мы» и «Сознание».

Математическое обобщение: постоянная активность описывается отношением энергопотребления в «покое» к минимуму:

$$G_a = (P_{покой} / P_{мин}) \cdot (1 - e^{-t_{поиск} / \tau_0}) \qquad (19)$$

где $P_{покой}$ — энергопотребление при отсутствии внешней задачи, $P_{мин}$ — технический минимум (когда система выключена), $t_{поиск}$ — доля времени, затрачиваемая на активный поиск. $G_a > 1$ означает, что кибер активен даже без внешних команд. Для робота уровня 0 $G_a = 1$, для кибера уровня 1 $G_a \geq 1{,}5$, для уровня 2–3 $G_a \geq 2$. Высокий G_a — признак того, что базовый уровень самоуправления никогда не «засыпает», постоянно поддерживая виртуальные ветви в рабочем состоянии.

Пересечение с кибераавтономией: Постоянная активность усиливает все три фактора: K_a (источник проб и ошибок), K_p (проактивная защита, сканирование среды) и K_r (активный поиск ресурсов).

Пример для кибера: Кибер-исследователь никогда не «спит». Даже когда нет внешних задач, он сканирует среду, перебирает в памяти возможные маршруты, обновляет карту. Это требует энергии — но это плата за готовность к неожиданностям и способность к открытию нового. Именно такая непрерывная активность позволяет его виртуальной ветви «Сознание» постоянно генерировать гипотезы, «Я» — оценивать их, а «Мы» — при необходимости синхронизироваться с другими киберами.

3.4. Интегральный гемизон и его связь со статическими факторами

Ранее в автокибернетике были введены три статических фактора гемизона:

- $\boldsymbol{G_c}$ (целостность) — число защитных систем, способность отличать «своё» от «чужого».
- $\boldsymbol{G_i}$ (информация) — ёмкость памяти и пропускная способность информационных каналов.
- $\boldsymbol{G_h}$ (иерархическая глубина) — способность перестраивать себя, менять модели, эволюционировать.

Три новые составляющие (G_f, G_{fl}, G_a) не заменяют эти факторы, а реализуют их динамически. Статика отвечает на вопрос «что заложено?», динамика — на вопрос «как это используется в каждый момент?». Связь между ними:

- $\boldsymbol{G_f}$ (фоновый генератор) уточняет G_i: информационная ёмкость становится источником переменчивого фона, необходимого для работы виртуальной ветви «Сознание».
- $\boldsymbol{G_{fl}}$ (фильтры) уточняет G_c: целостность проявляется как приоритетная защита от угроз, что критично для виртуальной ветви «Я» (самосохранение).
- $\boldsymbol{G_a}$ (постоянная активность) уточняет G_h: иерархическая глубина требует непрерывного поддержания себя вдали от равновесия, что позволяет виртуальным ветвям «Я» и «Мы» работать параллельно, не засыпая.

Интегральный гемизон для уровня кибера (с учётом его положения в иерархии) предлагается вычислять как:

$$G_{subj} = [\, G_c \cdot (1+G_{fl}) + G_i \cdot (1 + G_f / G_{f0}) + G_h \cdot (1+G_a) \,] / 3 \qquad (20)$$

где $G_{fo} \approx 2$ *бита* — порог насыщения фонового генератора. Если кибер находится вне зоны самоуправления ($Fr_2 < 0{,}9$ или $Fr_2 > 1{,}1$), гемизон «гасится» множителем $1/(1+e^{-(Fr_2-1)})$. Без динамических параметров ($G_f=0$, $G_{fl}=0$, $G_a=1$) формула сводится к исходной: $G = (G_c + G_i + G_h)/3$.

Главный вывод: Гемизон — это не магия и не метафора. Это три конкретных архитектурных принципа, которые могут быть спроектированы в кибере, чтобы «ожить» его материальный уровень самоуправления и дать возможность запускать виртуальные ветви. Без них даже самый мощный вычислитель останется мёртвым автоматом (уровень 0). С ними — он обретает способность сначала к лидерству (уровень 1), затем к субъектности (уровни 2–3), а затем — к запуску виртуальных ветвей «Сознание», «Я» и «Мы» (уровни 4–7). Эти принципы были открыты в биологии (нейромодуляторы, миндалевидное тело, сеть пассивного режима), описаны в Парадигме потока случайностей и теперь могут быть перенесены в робототехнику.

Глава 4. Вирус как источник метаморфозы

Когда мы слышим слово «вирус», обычно вспоминаем простуду, компьютерные заразы или антивирусные программы. Но если присмотреться, вирус — это не столько «зараза», сколько удивительный конструктивный принцип. Он принёс в живую природу способность одного и того же организма существовать в двух совершенно разных обличьях. Вне клетки — одна форма, внутри — совсем другая. Потом этот принцип распространился и на многоклеточных: гусеница превращается в бабочку, личинка стрекозы из водного хищника становится крылатым охотником. Та же программа — геном — даёт две (или больше) кардинально разные машины. В этой главе мы разберём, как вирусный принцип двухфазности стал основой для запуска трёх виртуальных ветвей «Мы», «Я» и «Сознание» на едином уровне реального самоуправления.

4.1. Тот самый «хаос», который строит порядок

Прежде чем говорить о метаморфозе, нужно понять, где берётся материал для любых перемен. Ответ даёт Парадигма потока случайностей (ППС). Представьте себе нескончаемый, бурлящий поток событий: дрожание атомов, мутации генов, смену погоды, колебания курса валют. Всё это — поток случайностей. Он не хаотичен в том смысле, что из него нельзя извлечь порядок. Наоборот, именно из этого потока автоматы (клетки, роботы, экономики) черпают «строительные кирпичики» для своего существования и развития.

Ключевые идеи ППС, которые нам понадобятся:

Сегрегация — автомат отделяет «своё» от «чужого» на своей границе. Число дружественности $Fr_1 = J_{out}/J_{in}$ показывает, успевает ли он чиниться быстрее, чем разрушаться.

Самосегрегация — способность автомата превращать поступивший хаос во внутренний порядок (число s). Если s слишком мало, порядок не успевает за хаосом; если слишком велико — возникает неконтролируемый рост (рак, зацикливание). Оптимальный режим: $1 \le s \le s_{crit}$.

Антихаос — локальные зоны внутри автомата, где из случайных флуктуаций вдруг рождается новая структура. Именно там $J_{birth} > 0$, и именно это отличает кибера от программируемой машины.

Самоорганизованная целостность (СОЦ) — момент, когда антихаос достигает критической массы и возникает новый автомат (например, первая клетка из протоклеток).

ППС также выделяет три стратегии поведения автоматов в потоке:

- **Подчинение** — автомат разрушается при первом же серьёзном возмущении. (Так ведёт себя тонкая стеклянная ваза.)
- **Противостояние** — автомат долго сохраняет форму, но не обновляется, стареет и в конце концов разваливается. (Кристалл или каменная стена.)
- **Взаимодействие** — автомат использует хаос для самообновления, эволюционирует, может порождать новые автоматы. (Живая клетка, кибер.)

Без потока случайностей не было бы ни вирусов, ни метаморфозы, ни возможности запускать виртуальные ветви. Именно он поставляет сырьё для трансформации, создаёт необходимость менять форму и толкает эволюцию. Как заметил В.Н. Александер [Александер, 2021], случайность имеет «эмерджентные упорядочивающие тенденции». А Кирилюк [Kirilyuk, 2004] показал, что внутренне хаотическая самоорганизация — это предельный случай сложной динамики, которая порождает новую сложность.

4.2. Две формы существования: от вируса к бабочке

Теперь обратимся к вирусу. Вне живой клетки вирус — просто инертная частица, вирион. У него нет обмена веществ, он не растёт, не размножается. Это транспортная форма. Но как только вирус встречает подходящую клетку, он сбрасывает оболочку, его генетический материал попадает в клетку и переходит в активную форму: начинает размножаться, перехватывать клеточное управление, строить новые вирусные частицы.

Этот трюк — одна и та же информационная программа в двух разных физических воплощениях — оказался настолько удачным, что клетки его «одомашнили». И в итоге он проявился у многоклеточных организмов в виде метаморфозы. Но для нас, проектировщиков киберов, важнее другое: этот принцип стал прообразом трёх виртуальных ветвей. Единый аппарат базового уровня самоуправления может находиться в разных режимах — как вирус в транспортной и активной форме. В одном режиме он поддерживает работу «Мы» (коллективная координация), в другом — «Я» (самореференцию), в третьем — «Сознание» (внутренний экран). Переключение между этими режимами — это и есть метаморфоза, только не физическая, а виртуальная — метаморфоза режимов работы уровня самоуправления.

Взгляните на бабочку. Её жизненный путь: яйцо → гусеница → куколка → бабочка. Гусеница — ползающая, жующая, запасающая энергию машина. Бабочка — летающая, размножающаяся, питающаяся нектаром машина. И та, и другая записаны в одном геноме. Переключение между формами запускается гормонами, которые реагируют на условия среды — температуру, длину дня, наличие корма. Так и у кибера: один и тот же вычислительный аппарат может по команде из среды переключаться между виртуальными ветвями «Сознание», «Я» и «Мы».

Ещё ярче пример стрекозы. Её личинка — водный хищник: дышит жабрами, активно плавает, затаивается. А взрослая стрекоза — воздушный истребитель: четыре крыла, огромные глаза, мгновенные манёвры. Один геном — две совершенно разные экологические ниши. В кибернетике это соответствует тому,

что уровень самоуправления кибера может поддерживать разные наборы трансформации: в воде, в воздухе , на земле, в космосе.

Математическое обобщение

Пусть A — единый аппарат базового уровня самоуправления. Он может поддерживать работу нескольких виртуальных ветвей $V_{Мы}$, $V_{Я}$, $V_{Соз}$ с разной интенсивностью. Состояние системы описывается вектором активностей ветвей:

$$S(t) = (a_{Мы}(t), a_{Я}(t), a_{Соз}(t)) \quad (21)$$

где $a_i(t) \in [0,1]$ — степень активности i-й виртуальной ветви в момент времени t.

Переключение приоритетов между ветвями происходит под действием условий среды $E(t)$ и внутреннего состояния кибера $Q(t) = (G_f, G_{fl}, G_a)$. Динамика описывается системой дифференциальных уравнений:

$$da_i/dt = f_i(S(t), E(t), Q(t)) - \gamma_i \cdot a_i(t) \quad (22)$$

где $\mathbf{f_i}$ — функция активации i-й ветви (зависит от внешних сигналов и внутренних параметров), а γ_i — скорость затухания активности ветви.

Вирус — простейший случай двух форм, где $a_{трансп} + a_{актив} = 1$ (активна только одна форма в каждый момент). Метаморфозные организмы (бабочка, стрекоза) — случай, когда вектор $S(t)$ кардинально меняется на разных стадиях жизни: $S_{личинка} \neq S_{имаго}$. Кибер высокого уровня (6–7) должен уметь одновременно поддерживать все три ветви параллельно, с высокой степенью интеграции, то есть $a_{Мы}(t) \approx a_{Я}(t) \approx a_{Соз}(t) \approx 1$ в активном режиме.

Для количественной оценки метаморфозы введём следующие параметры:

Мера виртуальной метаморфозы $\mathbf{M_v}$ — число устойчивых режимов переключения между виртуальными ветвями.

Число параллельно активных ветвей P — сколько ветвей кибер может поддерживать одновременно.

Время реконфигурации $\mathbf{T_{rec}}$ (секунды) — среднее время переключения между доминирующими ветвями.

Степень интеграции I — насколько сильно разные ветви обмениваются информацией.

Для уровня 1 (Лидер) $M_v = 1$ (только «Мы» в зачатке). Для уровня 2–3 (Субъект) $M_v = 2$ («Мы» и «Я»). Для уровня 4–7 $M_v \geq 3$ (все три ветви).

Для человека $P \approx 3$ (все три ветви активны и интегрированы). Для муравья $P \approx 1–2$ (только «Мы» и слабые зачатки «Я»).

У человека переключение между «Я» и «Мы» может занимать доли секунды. Для муравья I низкая («Мы» почти независимо от «Я»). Для человека I высокая.

Интегральный параметр виртуальной метаморфозы M — функция от этих величин: $M = f(P, I, 1/T_{rec}, M_v)$. Для человека M очень высок — порядка 10–100, для муравья — значительно ниже.

4.3. Двигатель переключения виртуальных ветвей

Свяжем метаморфозу с ППС и с переключением виртуальных ветвей. Почему вообще понадобилось перевоплощаться? И как поток случайностей влияет на эти переключения?

Во-первых, поток случайностей создаёт саму необходимость в метаморфозе режимов. Среда никогда не стабильна: сегодня тепло, завтра холодно, здесь еда, там хищники, весной вода, летом суша. Автомат, который всегда остаётся в одном режиме (одна доминирующая виртуальная ветвь), рано или поздно столкнётся с условиями, к которым этот режим не приспособлен. Метаморфоза — это

эволюционный ответ на изменчивость потока. Если бы среда была идеально предсказуема, одна идеальная виртуальная машина существовала бы вечно. Но поток случайностей не даёт покоя — и заставляет автоматы учиться переключаться между режимами.

Во-вторых, поток поставляет «строительный материал» для трансформации. Гусеница, прежде чем стать куколкой, наедается листьями. Она запасает белки, жиры, углеводы — всё это извлечено из окружающей среды. Без потока (солнечной энергии, зелёной биомассы) метаморфоза была бы невозможна. Точно так же кибер, переключаясь из режима «Сознание» в режим «Я», должен иметь запас вычислительных ресурсов, памяти, энергии — всё это извлечено из потока. В ППС этот процесс описывается как сегрегация и самосегрегация: автомат отбирает из потока полезные элементы и перерабатывает их во внутренние структуры.

В-третьих, поток случайностей создаёт изменчивость вирусов. Вирусы мутируют именно потому, что их репликация не идеальна — ошибки копирования, вызванные тепловым движением, радиацией, химическими флуктуациями, рождают новые варианты. Некоторые из этих вариантов лучше обходят иммунитет, лучше прикрепляются к клеткам, быстрее размножаются. Так вирусы эволюционируют — и это тоже поток случайностей закручивает гайки. Для кибера это означает, что его виртуальные ветви должны уметь мутировать — пробовать новые конфигурации, отбирать удачные, отбрасывать неудачные.

В-четвёртых, поток определяет, какая стратегия выживания выгодна. В стабильной среде побеждает стратегия противостояния: одна доминирующая виртуальная ветвь (например, только «Я»). В переменчивой среде выигрывает стратегия взаимодействия: автомат, умеющий перестраиваться, менять набор активных ветвей, подстраиваться под поток. Это напрямую связано с числом дружественности Fr_2: если $Fr_2 \approx 1$ (зона самоуправления), автомат способен к выбору и адаптации; если Fr_2 далеко от 1, он либо слишком жёсткий (застыл в одной ветви), либо слишком хаотичный (бесконечно переключается без пользы).

В-пятых, без потока не было бы самой потребности в трёх разных виртуальных ветвях. Если бы мир был абсолютно предсказуем и стабилен, одной идеальной виртуальной машины было бы достаточно. Но мир непредсказуем, разнообразен, непрерывен. Именно поэтому эволюция породила три параллельные ветви — каждая отвечает на свой аспект вызовов потока: «Мы» — на социальные вызовы (как координироваться с другими), «Я» — на индивидуальные (как сохранить себя и свои цели), «Сознание» — на необходимость внутреннего моделирования (как предсказывать будущее).

Исследования А. Кирилюка [Kirilyuk, 2004] показывают, что внутренне хаотическая самоорганизация — это не сбой, а конструктивный принцип, ведущий к усложнению структур. В.Н. Александер [Александер, 2021] добавляет, что случайность обладает «упорядочивающими тенденциями», которые помогают создавать новые формы. Так что хаос — не враг порядка, а его соавтор.

4.4. Что даёт метаморфоза киберу? Примеры из робототехники

Если мы спроектируем кибера, способного к метаморфозе режимов (переключению между виртуальными ветвями), какие плюсы он получит?

Адаптация к среде. В одиночном режиме — доминирует «Я», в коллективном — переключение на «Мы».

Экономия ресурсов. В режиме покоя — минимальная активность и редуцированные ветви, в активном — развёртывание всех трёх.

Самовосстановление. При повреждении кибер может переключиться в аварийный режим, где доминирует «Я» (самосохранение), а «Мы» временно отключается.

Множественные функции. Один и тот же аппарат управления может быть и исследователем, и социальным актором, и рефлексивной личностью — просто меняя набор активных ветвей.

Эволюционная гибкость. Кибер с метаморфозой может не только менять форму по команде, но и «мутировать» — пробовать новые комбинации ветвей, отбирать удачные, запоминать их. Это уже зачатки вирусного управления эволюцией (G_h).

Современная робототехника уже вовсю осваивает эти идеи, хотя пока в основном на уровне физической метаморфозы. Вот несколько ярких примеров, которые показывают, как один и тот же автомат меняет свою морфологию — то есть переключает физические «виртуальные машины».

Робот-лист KAIST: плоская заготовка, которая учится ходить. Исследователи из KAIST (Корея) создали тонкий полимерный лист с встроенной сетью металлических резисторов. Каждый резистор одновременно и нагреватель, и датчик. При нагреве лист изгибается, при охлаждении возвращается в исходное состояние. Программируя нагрев, можно заставить лист принимать разные трёхмерные формы. Прототип площадью 40 см² (308 резисторов) продемонстрировал ходьбу, ползание и захват объектов. Аналогия с метаморфозой и виртуальными ветвями: плоский лист — это «транспортная форма» (минимальная активность). По команде он «распаковывается» в «активную форму», способную двигаться и взаимодействовать с объектами.

Fold Walker: оригами-робот, меняющий походку. Fold Walker из Технического университета Мюнхена вдохновлён искусством складывания бумаги. Он способен из плоской 2D-заготовки превращаться в разные 3D-конфигурации. Робот может ходить, ползать, передвигаться боком, уменьшать ширину корпуса, трансформировать ноги в захваты. Один и тот же автомат — как гусеница, становящаяся то бабочкой, то жуком, в зависимости от задачи. Здесь уже не две, а несколько устойчивых физических конфигураций, что соответствует нескольким виртуальным режимам, переключаемым средой.

Legged Metamachines: роботы, которые выживают после отрыва конечностей. В Северо-Западном университете (США) собрали роботов из Lego-подобных модулей. Каждый модуль имеет свой мозг, батарею и мотор. Если такому роботу оторвать ногу, основное тело перекалибровывает походку, а оторванная конечность продолжает двигаться самостоятельно и может вернуться в строй. Это уже метаморфоза не по команде, а по повреждению: автомат сам перестраивает свою физическую конфигурацию, что напоминает переключение виртуальной ветви «Я» в аварийный режим.

Иерархические оригами-структуры: тысяча форм из трёх управляющих сигналов. В журнале Nature Communications (2024) описаны метаструктуры, которые могут складываться в более чем 1000 различных форм, используя менее трёх степеней свободы управления. Секрет — в иерархической организации: замкнутые кинематические цепи создают геометрические ограничения, которые резко снижают число активных элементов. Это напоминает не только генетический код, но и нашу модель виртуальных ветвей: ограниченное число «базовых» режимов (например, «Сознание», «Я», «Мы») может порождать огромное разнообразие поведенческих конфигураций за счёт иерархической комбинации. Иерархическая метаморфоза — это высший пилотаж, когда из простых правил рождается почти бесконечное разнообразие конфигураций, как у

человека, который может быть и личностью, и частью коллектива, и наблюдателем, и актором — в зависимости от контекста.

4.5. Параметры переключения виртуальных ветвей

Чтобы инженеры могли проектировать киберов, способных к метаморфозе режимов, введём несколько количественных параметров, связанных с переключением виртуальных ветвей.

Степень виртуальной метаморфозы M_v — число устойчивых режимов переключения между виртуальными ветвями. Для уровня 1 (Лидер) $M_v = 1$ (только «Мы» в зачатке). Для уровня 2–3 (Субъект) $M_v = 2$ («Мы» и «Я»). Для уровня 4–7 $M_v \geq 3$ (все три ветви).

Число параллельно активных ветвей P — сколько ветвей кибер может поддерживать одновременно. Для человека $P \approx 3$ (все три активны и интегрированы). Для муравья $P \approx 1–2$ (только «Мы» и слабые зачатки «Я»).

Время реконфигурации T_{rec} (секунды) — среднее время переключения между доминирующими ветвями. У человека переключение между «Я» и «Мы» может занимать доли секунды.

Степень интеграции I — насколько сильно разные ветви обмениваются информацией и влияют друг на друга. Для муравья I низкая («Мы» почти независимо от «Я»). Для человека I высокая.

Интегральный параметр виртуальной метаморфозы M — функция от этих величин: $M = f(P, I, 1/T_{rec}, M_v)$. Для человека M очень высок — порядка 10–100, для муравья — значительно ниже.

Главный вывод главы: Вирус подарил живой природе не «заразу», а принцип метаморфозы — способность одного информационного конструкта существовать в разных формах, переключаемых условиями среды. Без потока случайностей (ППС) не было бы ни необходимости в таких превращениях, ни сырья для них, ни эволюции вирусов. Сегодня этот принцип осваивается в робототехнике — сначала как физическая метаморфоза (складные роботы, модульные системы), а затем как виртуальная — переключение между тремя параллельными ветвями «Мы», «Я» и «Сознание» на едином уровне 1. Кибер, умеющий переключаться между этими режимами, способен адаптироваться к широкому спектру сред — от одиночного существования до коллективного взаимодействия, от простого реагирования до глубокой рефлексии.

Глава 5. От единого корня к трём независимым виртуальным иерархиям

В предыдущих главах мы ввели различение трёх уровней: уровень 0 (автоматическое регулирование), уровень реального самоуправления (наблюдающее управление — ядро) и виртуальные ветви «Мы», «Я», «Сознание» (которые надстраиваются над уровнем наблюдающего самоуправления по Фёрстеру, начиная с уровня 4). Мы показали, как реальная иерархия (Лидер → Субъект, уровни 1–3) отражает развитие самого уровня наблюдающего самоуправления — от примитивного переключения моделей ($J_{birth} = 0$) до рождения новых моделей ($J_{birth} > 0$). А затем, начиная с уровня 4, над реальным уровнем самоуправления надстраиваются три параллельные виртуальные ветви.

Теперь, в финальной главе Части 2, мы должны подчеркнуть самое важное: эти три ветви развиваются независимо. У одного и того же организма (или кибера) разные ветви могут находиться на разных уровнях развития. Это ключевое отличие от линейных иерархий, где каждый следующий уровень включает предыдущий. Здесь — параллелизм и независимость. Эволюция не строила единую лестницу. Она создала три параллельных инструмента, которые могут использоваться по отдельности или вместе.

5.1. Почему «Мы» рождается раньше всех

Виртуальная ветвь «Мы» (коллективная координация) имеет самый глубокий эволюционный корень. Её зачатки появляются уже на уровне 1 (Лидер) — у прокариот в виде биоплёнок и кворум-сенсинга. Почему так рано? Потому что коллективное поведение даёт огромное эволюционное преимущество: совместная охота, защита от хищников, разделение труда. Для этого не нужны ни развитое «Я», ни «Сознание» — достаточно простых сигнальных систем и умения различать «своих» и «чужих» (что является зачатками «Я», но не обязательно).

На уровнях 2–3 (Субъект) «Мы» достигает развитой формы: стайное поведение рыб, эусоциальность насекомых (муравьи, пчёлы, термиты). Ни одна пчела не знает, куда лететь, но рой в целом знает. Это «Мы» без «Я» и без «Сознания». Пчелиный рой при выборе места для гнезда подчиняется тем же психофизическим законам, что и человеческий мозг. Колонии эусоциальных насекомых демонстрируют эмерджентные когнитивные свойства — принятие решений, внимание, память и поиск — возникающие из относительно простых социальных взаимодействий.

- На уровне 4 «Мы» становится интегративным — коллективные действия требуют координации на основе индивидуального распознавания (динозавры, земноводные).
- На уровне 5 — высокое «Мы» (предупреждение об опасности, совместная охота у птиц).
- На уровне 6 — культурное «Мы» (передача знаний через обучение у шимпанзе, дельфинов).

На уровне 7 — глобальное «Мы» (человечество, наука, религия, право).

5.2. «Я» — более поздняя ветвь

Виртуальная ветвь «Я» (самореференция, рефлексия, идентичность) появляется позже. Её зачатки возникают только на уровнях 2-3 (Субъект) — у членистоногих и рыб в виде различения «свой–чужой» и чувства агентности («я действую»).

- На уровне 4 «Я» становится развитым — появляется способность различать «я сейчас» и «я раньше».
- На уровне 5 — рефлексивное «Я» (зеркальный тест у птиц и низших млекопитающих). Животное узнаёт себя в зеркале. Сороки проходят зеркальный тест.
- На уровне 6 — автобиографическое «Я» (шимпанзе, слоны, дельфины). Животное помнит историю своей жизни.
- На уровне 7 — трансцендентное «Я» (человек). Вопросы о смысле существования, о жизни после смерти, о своей роли во Вселенной.

Важно: «Я» не обязательно для выживания. Муравьи прекрасно живут без рефлексивного «Я». Но с появлением «Я» открываются новые возможности: долгосрочное планирование, оценка своих действий, эмпатия, обман.

5.3. Главное – логические операции

В предыдущих разделах мы обсуждали три виртуальные ветви, которые надстраиваются над базовым уровнем самоуправления. Однако важно понять одну вещь, которая меняет весь взгляд на иерархию: линия «Сознание» — это линия развития логики, которая начинается с простейших логических операций и лишь на высших уровнях становится феноменальным сознанием (внутренним экраном). И эта линия — самая ранняя из всех. Она берёт начало уже на уровне 0, у архей и губок, в виде способности выполнять элементарные логические операции.

Уровень 0 (реальный): логика — первые логические операции. Исследования показывают, что уже у прокариот есть способность выполнять элементарные логические операции. Биоэлектрические сети в не-нейронных тканях могут реализовывать логические вентили И, ИЛИ, НЕ. Бактерии принимают решения на основе сенсорной информации, демонстрируя зачатки логического выбора. Клеточная сигнализация — это непрерывный вычислительный процесс. Элементы сознания, а именно память и чувствительность (sentience), основаны на механизмах, присущих одноклеточным организмам. Это и есть первая ступень — логика.

Уровни 1–3 (реальные): логика моделей (модельная логика). На основе элементарных логических операций возникает способность строить внутренние модели мира. Это то, что в когнитивной науке и робототехнике называется модельным обучением (model-based learning). Животные и искусственные агенты строят ментальные модели среды, могут мысленно проигрывать сценарии, не прибегая к методу проб и ошибок. Это уже не просто логика — это логика моделей. У одноклеточных есть зачатки этой способности: они могут «запоминать» опасные места, «узнавать» врагов, «решать», в каком направлении больше пищи. У многоклеточных без сознания (членистоногие, рыбы) эта способность становится ещё более развитой.

Уровни 4–7 (виртуальные): логика образов (феноменальное сознание). Когда модельная логика соединяется с интеграцией всех сенсорных сигналов в единый образ, возникает сознание как внутренний экран. Это требует сложной нейронной архитектуры — иерархических систем взаимосвязанных, изоморфно организованных ядер, которые интенсивно интегрируют различные чувства в репрезентации, возникающие на высших уровнях нейронной иерархии.

Исследования показывают, что минимальным требованием для феноменального сознания является мозг, включающий передний мозг, средний мозг и задний мозг. Это возникает только у наземных позвоночных (уровень 4). До этого у беспозвоночных и рыб сознания нет — у них работает только реальная агрегирующая (модельная) машина, которая строит образы мира, но не порождает внутреннего экрана, не даёт субъективного переживания.

Почему «Сознание» в смысле логики образов появляется позже всех? Потому что для его работы требуется сложная нейронная архитектура (таламус, кора, рекуррентные связи), которая возникает только у наземных позвоночных. Исследования подтверждают, что у земноводных (лягушки, саламандры) уже есть интеграция зрительных, слуховых и тактильных сигналов в единую образную картину, что говорит о наличии структур, гомологичных таламусу и коре (даже в примитивном виде). Но как линия логики она — самая ранняя из всех трёх ветвей.

Три ступени линии «Сознание»:

- Логика операций с сигналами (уровень 0): элементарные логические операции И, ИЛИ, НЕ — уже у бактерий.
- Логика моделей (уровни 1–3): способность строить модели среды, предсказывать будущее — у членистоногих и рыб.
- Логика образов (уровни 4–7): феноменальное сознание, внутренний экран — у наземных позвоночных.

Важное уточнение: Отсутствие феноменального «Сознания» (логики образов) не делает автомат менее сложным или менее ценным. Рыбы и насекомые демонстрируют удивительное поведение, но они не переживают его субъективно — у них есть логика моделей, но нет внутреннего экрана. Это важно помнить при проектировании киберов: нам не обязательно создавать феноменальное сознание для всех задач. Для многих задач достаточно модельной логики (уровни 2–3) или даже простого Лидера (уровень 1).

- На уровне 5 «Сознание» (логика образов) становится развитым — внутренний экран позволяет мысленно проигрывать сценарии (птицы).
- На уровне 6 — интегративное (шимпанзе, дельфины).
- На уровне 7 — единство сознания (человек).

5.4. Примеры независимости ветвей

Приведём несколько ключевых примеров, показывающих, что ветви могут быть развиты независимо. Эти примеры — не исключения, а правило. Эволюция не строила единую лестницу; она создала три параллельных инструмента.

Муравей (уровни 2–3 по реальной иерархии):
«Мы» — уровень 4–5 (развитое/высокое — эусоциальность, суперорганизм).
«Я» — уровень 1 (зачатки — различение «свой–чужой»).
«Сознание» — уровень 0 (отсутствует, только модельная логика).
Вывод: Можно иметь высокое «Мы» при почти нулевых «Я» и «Сознании».

Рыба (костистая, уровень 3 по реальной иерархии):
«Мы» — уровень 3–4 (развитое — стайное поведение).
«Я» — уровень 3 (зачатки — самореференция, чувство агентности, зеркальный тест у некоторых видов).
«Сознание» — уровень 0 (отсутствует, только модельная логика).
Вывод: Можно иметь развитое «Мы» и зачатки «Я» при полном отсутствии «Сознания».

Птица (врановые) (уровни 2–3 по реальной иерархии):
«Мы» — уровень 4–5 (высокое — предупреждение об опасности).
«Я» — уровень 5 (рефлексивное — зеркальный тест).
«Сознание» — уровень 4–5 (развитое).
Вывод: Можно иметь высоко развитые все три ветви, но из-за ограничений полёта их интеграция не достигает уровня человека.

Шимпанзе (уровни 2–3 по реальной иерархии):
«Мы» — уровень 5–6 (культурное — передача традиций).
«Я» — уровень 6 (автобиографическое).
«Сознание» — уровень 5–6 (интегративное).

Вывод: Все три ветви высокоразвиты, но до человека не дотягивают.

Человек (уровни 2–3 по реальной иерархии):
«Мы» — уровень 7 (глобальное).
«Я» — уровень 7 (трансцендентное).
«Сознание» — уровень 7 (единство).
Вывод: Максимальное развитие всех трёх ветвей с высокой степенью интеграции.

5.5. Как проектировать кибера с нужными ветвями

Из всего сказанного вытекают несколько принципов для создания киберов с заданным профилем виртуальных ветвей.

Уровень наблюдающего самоуправления (ядро) должен быть реализован в любом случае. Без него нет самоуправления вообще. Он должен поддерживать $J_{birth} > 0$ для киберов уровня 2–3 и выше. Это фундамент, на котором всё держится.

Виртуальная ветвь «Мы» реализуется через механизмы коллективной координации: протоколы обмена информацией, распределённое принятие решений, эмуляцию роевого интеллекта. Для высокого уровня «Мы» (глобальное) требуются масштабируемые протоколы и культурная трансмиссия. Примеры из робототехники: рои дронов, системы Human Swarming.

Виртуальная ветвь «Я» реализуется через механизмы самореференции: автобиографическую память, зеркальные тесты, моделирование себя. Для рефлексивного и трансцендентного «Я» требуются глубокие модели себя и способность оценивать свои прошлые решения. Современные архитектуры типа PEPA Sys3 уже приближаются к этому уровню.

Виртуальная ветвь «Сознание» реализуется через механизмы внутреннего экрана: интеграцию сенсорных данных в единое образное пространство, рекуррентные нейронные сети, генеративные модели. Это самая сложная ветвь для технической реализации. Возможно, для многих задач она и не нужна. Но если мы хотим создать кибера, который действительно «переживает» мир, а не просто моделирует его — без «Сознания» не обойтись.

Ветви могут быть скомбинированы по потребности. Для исследовательского дрона в одиночной миссии — достаточно «Я» и (возможно) «Сознания». Для роя дронов — высокое «Мы» при редуцированных «Я» и «Сознании» (как у муравьёв). Для гибридной системы «человек + кибер» — все три ветви.

Парадигма потока случайностей (ППС) задаёт фундаментальные ограничения. Каждая активная ветвь потребляет ресурсы уровня наблюдающего самоуправления. При превышении лимитов Fr_2 выходит из зоны самоуправления ($0{,}9 \le Fr_2 \le 1{,}1$), и кибер деградирует — начинает ошибаться, «зависать», галлюцинировать. Поэтому инженер должен выбирать, какие ветви развивать, а какие — редуцировать, и следить за аллостатической нагрузкой L(t).

Таким образом, кибер — это не просто «умная машина», а гипервизор трёх виртуальных ветвей, работающих на едином аппарате уровня 1. В зависимости от задачи мы можем включать или отключать эти ветви, менять их приоритеты, развивать одни за счёт других. И чем больше ветвей активно и чем выше степень их интеграции, тем выше уровень субъектности кибера.

Заключение

Подведём итог ключевым результатам Части 2 "Автокибернетики".

Общий корень. Все иерархии самоуправления имеют общий корень — уровень 0 (автоматическое регулирование). Археи, бактерии, сине-зеленые водоросли — у них нет самоуправления, но уже есть все три линии развития в их реальной форме: коллективное поведение («Мы»), молекулярная самоидентификация («Я») и модельная логика («Сознание» как базальное познание).

Реальный ствол (уровни 1–3). Уровень наблюдающего самоуправления — это единственный реальный уровень самоуправления.

- Уровень 1 (Лидер): начало самоуправления, $J_{birth} = 0$, только переключение готовых моделей.
- Уровень 2 (Кибер-Субъект низший): развитое самоуправление, $J_{birth} > 0$, элементарная адаптация (примеры: черви).
- Уровень 3 (Кибер-Субъект высший): развитое самоуправление, $J_{birth} > 0$, сложное обучение (примеры: амёбы, членистоногие, эусоциальные насекомые, костистые рыбы, головоногие).

Три виртуальные ветви (уровни 4–7). Над уровнем реального самоуправления надстраиваются три независимые параллельные иерархии:

- «Мы» (коллективная координация) — самая ранняя ветвь. Зачатки уже на уровне 1, глобальное развитие — на уровне 7.
- «Я» (самореференция, рефлексия) — появляется позже, на уровне 2–3. Проходит путь от зачатков до трансцендентного.
- «Сознание» (внутренний экран) — самая поздняя ветвь. Появляется только у наземных позвоночных (уровень 4). До этого — только реальная агрегирующая (модельная) машина.

Независимость ветвей. Главный вывод Части 2 — ветви развиваются независимо. У муравья высокое «Мы» при почти нулевых «Я» и «Сознании». У рыбы — развитое «Мы» и зачатки «Я», но нет «Сознания». У человека — максимум по всем трём ветвям. Это не лестница, а три параллельных инструмента.

Будущее человечества (уровень 8+). Кибернетика третьего порядка (Кенни, Лепский, Эшби) открывает новые горизонты:

- «Мы» становится глобальным коллективным разумом (ноосфера, глобальный мозг).
- «Я» достигает рефлексии над собственной субъективностью.
- «Сознание» переходит в техно-биологическую интеграцию.

Количественные параметры. Разработаны методы измерения Fr_1, Fr_2, λ, s, K, G, C. Введены формулы (1)–(11). Приведены примеры расчёта для бактерии E. coli (уровень 1) и муравьиной колонии (уровни 2–3 по реальной иерархии, высокое «Мы»).

Гемизон и метаморфоза. Гемизон — комплекс «живости» (фоновый генератор G_f, фильтры самосохранения G_{fl}, постоянная активность G_a) — обеспечивает возможность запуска виртуальных ветвей. Метаморфоза (физическая или виртуальная) — это проявление вирусного наследия и ключевое свойство киберов, способных переключаться между режимами «Мы», «Я», «Сознание».

Фундаментальное ограничение. Парадигма потока случайностей накладывает ограничения: каждая активная ветвь потребляет ресурсы уровня 1; при превышении лимитов Fr2 выходит из зоны самоуправления ($0{,}9 \le Fr_2 \le 1{,}1$), и кибер деградирует.

Главный вывод Части 2: Самоуправление — это не лестница, а дерево. Общий корень — уровень 0 (автоматическое регулирование). Реальный ствол — уровни 1–3 (наблюдающее управление: Лидер → Субъект). От этого ствола отрастают три независимые виртуальные ветви — «Мы», «Я», «Сознание», — которые могут быть развиты в разной степени у разных киберов. Эволюция не строила единую иерархию — она создала три параллельных инструмента, и задача инженера — выбрать нужную комбинацию для своего кибера.

В Части 3 мы перейдём к практическим приложениям: как проектировать киберов с заданным профилем ветвей, как измерять их Fr2 и степень интеграции, и как создавать гибридные системы «человек-кибер» с разделённым управлением.

Библиография к Части 2

Основные работы автора

[Никитин, 2018] Никитин А.В. Общая логика. Этапы развития жизни на Земле. Часть 6 // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77 6567, публ.24412, 10.04.2018.

[Никитин, 2024a] Никитин А.В. Автокибернетика. Часть 1. Основные направления развития // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77 6567, публ.29026, 24.06.2024.

[Никитин, 2026a] Никитин А.В., Парадигма потока случайностей 1 // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.29912, 03.03.2026

[Никитин, 2026b] Никитин А.В., Парадигма потока случайностей 2 // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.29920, 09.03.2026

[Никитин, 2026c] Никитин А.В., Парадигма потока случайностей 3 // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.29932, 17.03.2026

Фундаментальные теоремы и классические работы

[Woese et al., 1990] Woese C.R., Kandler O., Wheelis M.L. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1990. Vol. 87. P. 4576–4579.

[Wiener, 1948] Wiener N. Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine. – MIT Press, 1948.

[Shannon, 1948] Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. 1948. Vol. 27. P. 379–423, 623–656.

[Foerster, 2003] Foerster H. von. Cybernetics of Cybernetics // Understanding Understanding. – Springer, 2003.

[Foerster, 1990] Foerster H. von. Interview: The future of cybernetics. 1990.

[Tononi, 2004] Tononi G. An information integration theory of consciousness // BMC Neuroscience. 2004. Vol. 5, 42.

Кибернетика второго и третьего порядка

[Kenny, 2009] Kenny V. Third-order cybernetics: A new paradigm for psychotherapy and the social sciences // Cybernetics & Human Knowing. 2009. Vol. 16, № 3-4. P. 33–66.

[Лепский, 2018] Лепский В.Е. Кибернетика третьего порядка: методология саморазвивающихся рефлексивно-активных сред // Рефлексивные процессы и управление. 2018. № 1-2.

[Heylighen, 2024] Heylighen F. The Third Story of the Universe: From Matter to Noosphere // SSRN. 2024.

[Lenartowicz, 2017] Lenartowicz M. The emergence of autonomous intelligent agents from social systems: A third order cybernetics perspective // Kybernetes. 2017. Vol. 46, № 6.
[Ashby, 2022] Ashby M. Third-order cybernetics: ethical regulation and the conscience of systems // Cybernetics and Systems. 2022.

Физическое обоснование

[Александер, 2021] Александер В.Н. Случай, цель и творческая самость // МЕТОД: Московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин. 2021. Т. 1, № 2. С. 28–60.
[Bag et al., 1999] Bag B.C., Chaudhuri J.R., Ray D.S. Chaos and information entropy production // Journal of Physics A: Mathematical and General. 1999. Vol. 33, № 46. P. 8331–8350.
[Bak et al., 1987] Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized criticality // Physical Review Letters. 1987. Vol. 59, № 4. P. 381–384.
[Breymann et al., 1998] Breymann W., Tél T., Vollmer J. Entropy balance, time reversibility, and mass transport in dynamical systems // Chaos. 1998. Vol. 8, № 2. P. 396–408.
[Ge & Qian, 2009] Ge H., Qian H. The physical origins of entropy production, free energy dissipation and their mathematical representations // Physical Review E. 2009. Vol. 81, № 5, 051133.
[Kirilyuk, 2004] Kirilyuk A. Dynamically Multivalued Self Organisation and Probabilistic Structure Formation Processes // Solid State Phenomena. 2004. Vol. 97-98. P. 21–26.
[Bertschinger et al., 2004] Bertschinger N., Natschläger T., Legenstein R. At the edge of chaos // Advances in Complex Systems. 2004. Vol. 7, № 3-4. P. 257–274.
[Krauss P. et al., 2016] Krauss P. et al. Stochastic resonance controlled upregulation of internal noise // Frontiers in Neuroscience. 2016. Vol. 10, 597.

Нейробиология, сознание и когнитивные науки

[Feinberg & Mallatt, 2013] Feinberg T.E., Mallatt J. The evolutionary and genetic origins of consciousness in the Cambrian Period over 500 million years ago // Frontiers in Psychology. 2013. Vol. 4, 667.
[Barron & Klein, 2016] Barron A.B., Klein C. What insects can tell us about the origins of consciousness // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2016. Vol. 113, № 18. P. 4900–4908.
[Prior et al., 2008] Prior H., Schwarz A., Güntürkün O. Mirror induced behavior in the magpie (Pica pica): evidence of self recognition // PLoS Biology. 2008. Vol. 6, № 8, e202.
[Dennett, 1991] Dennett D.C. Consciousness Explained. – Little, Brown and Co., 1991.
[Sloman, 1992] Sloman A. Prolegomena to a theory of consciousness // The Computer Journal. 1992. Vol. 35, № 4. P. 357–367.
[Seth, 2018] Seth A.K. Consciousness: The last 50 years (and the next) // Brain and Neuroscience Advances. 2018. Vol. 2, 1–6.
[Lane et al., 2025] Lane T.J., Shulman R.G., Barrett L.F. The Iterative Affective Calibration Theory of qualia // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2025. Vol. 158, 105567.
[Nieder, 2021] Nieder A. The evolutionary origin of consciousness // The Cognitive Neurosciences. 6th ed. MIT Press, 2021.
[Sporns et al., 2000] Sporns O., Tononi G., Edelman G.M. Connectivity and complexity // Neural Networks. 2000. Vol. 13, № 8-9. P. 909–922.

[Ganis et al., 2004] Ganis G., Thompson W.L., Kosslyn S.M. Brain areas underlying visual mental imagery and visual perception // Cognitive Brain Research. 2004. Vol. 20, № 2. P. 226–241.
[Mars et al., 2012] Mars R.B., Neubert F.X., Noonan M.P., Sallet J., Toni I., Rushworth M.F.S. On the relationship between the "default mode network" and the "social brain" // Frontiers in Human Neuroscience. 2012. Vol. 6, 189.
[Raichle et al., 2001] Raichle M.E. et al. A default mode of brain function // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2001. Vol. 98, № 2. P. 676–682.
[Raichle, 2009] Raichle M.E. A paradigm shift in functional brain imaging // Journal of Neuroscience. 2009. Vol. 29, № 41. P. 12729–12734.
[Raichle, 2015] Raichle M.E. The brain's default mode network // Annual Review of Neuroscience. 2015. Vol. 38, 433–447.
[LeDoux, 2000] LeDoux J.E. Emotion circuits in the brain // Annual Review of Neuroscience. 2000. Vol. 23. P. 155–184.
[Panksepp, 1998] Panksepp J. Affective Neuroscience. – Oxford University Press, 1998.
[Öhman & Mineka, 2001] Öhman A., Mineka S. Fears, phobias, and preparedness // Psychological Review. 2001. Vol. 108, № 3. P. 483–522.
[Baumeister et al., 2001] Baumeister R.F. et al. Bad is stronger than good // Review of General Psychology. 2001. Vol. 5, № 4. P. 323–370.
[Bargmann, 2012] Bargmann C.I. Beyond the connectome: how neuromodulators shape neural circuits // BioEssays. 2012. Vol. 34, № 6. P. 458–465.
[Hasson et al., 2012] Hasson U., Ghazanfar A.A., Galantucci B., Garrod S., Keysers C. Brain to brain coupling: a mechanism for creating and sharing a social world // Trends in Cognitive Sciences. 2012. Vol. 16, № 2. P. 114–121.
[Gutfreund, 2015] Gutfreund Y. The neurobiology of consciousness in birds // Animal Sentience. 2015. Vol. 1, № 8.
[Reber, 2018] Reber A.S. The First Minds: Caterpillars, Karyotes, and Consciousness. – Oxford University Press, 2018.
[Manicka & Levin, 2019] Manicka S., Levin M. The cognitive lens: a primer on the computational capacities of all living systems // Cognitive Processing. 2019.
[Lee, 2022] Lee S.W. Model-based learning in animals and artificial agents // Trends in Cognitive Sciences. 2022.

Коллективное поведение, эусоциальность и биология

[Wilson, 1971] Wilson E.O. The Insect Societies. – Harvard University Press, 1971.
[Marshall et al., 2018] Marshall J.A.R. et al. Collective decision making in honey bee swarms follows psychophysical laws // Scientific Reports. 2018.
[Тараканы, 2006] Collective decision making in cockroaches // PNAS. 2006.
[Ant cognition, 2024] Collective problem solving in ants // PNAS. 2024.
[Бактерии, 2024] Коллективное поведение бактерий // ScienceDirect. 2024.
[Kin recognition, 2021] Kin recognition in prokaryotes // ScienceDirect. 2021.
[Cellular intelligence, 2024] Cellular intelligence: The hidden cognitive abilities of cells // ResearchGate. 2024.
[Emergent cognition, 2025] Emergent cognition in insect colonies // Nature Communications. 2025.
[Dynamic predictive coding, 2025] Dynamic predictive coding in neural systems // Journal of Neuroscience. 2025.
[World model learning, 2023] World model learning in animals // arXiv. 2023.
[Blattner et al., 1997] Blattner F.R. et al. The complete genome sequence of Escherichia coli K-12 // Science. 1997. Vol. 277. P. 1453–1462.

[Cox & Battista, 2005] Cox M.M., Battista J.R. Deinococcus radiodurans – the consummate survivor // Nature Reviews Microbiology. 2005. Vol. 3. P. 882–892.
[Drake, 1991] Drake J.W. A constant rate of spontaneous mutation in DNA-based microbes // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 1991. Vol. 88. P. 7160–7164.
[El Hagemann, 2000] El Hagemann N. Nucleoid organization in Escherichia coli // Journal of Bacteriology. 2000.
[Marraffini, 2015] Marraffini L.A. CRISPR-Cas immunity in prokaryotes // Nature. 2015. Vol. 526. P. 55–61.
[Wolf et al., 2001] Wolf D.M. et al. Chaotic dynamics in gene regulatory networks // Biophysical Journal. 2001.
[Pestova, 2025] Pestova T. Biosocial phenomena in unicellular organisms // Journal of Biosocial Science. 2025. Vol. 57, № 2, 245–268.
[Olkowicz et al., 2016] Olkowicz S., Kocourek M., Lučan R.K., Porteš M., Fitch W.T., Herculano-Houzel S., Němec P. Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2016. Vol. 113, № 26. P. 7255–7260.

Робототехника, метаморфоза и технические реализации

[KAIST, 2025] KAIST Research Team. Programmable robotic sheet with integrated resistive elements // Advanced Materials. 2025.
[Sun, 2025] Sun Y. Fold Walker: An Origami-Inspired Quadruped Robot for Multipattern Locomotion and Object Grasping // Advanced Robotics Research. 2025. Vol. 2, e202500087.
[Kriegman et al., 2026] Kriegman S., Yu C., Matthews D., Wang J. Evolved Robots Are Born to Run and Refuse to Die // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2026. Vol. 123, № 15.
[Nature Communications, 2024] Adaptive hierarchical origami-based metastructures // Nature Communications. 2024. Vol. 15, 6247.
[SSMBOT, 2026] A new self-reconfigurable space modular robot SSMBOT: design and performance analysis // Acta Astronautica. 2026. Vol. 189. P. 456–468.
[Rosenberg, 2015] Rosenberg L. Human swarming, a real-time method for parallel distributed intelligence // Proceedings of the 8th International Conference on Swarm Intelligence. 2015.
[AI-Driven Superorganisms, 2026] AI-driven superorganisms: The future of hybrid intelligence // ResearchGate. 2026.
[Kim et al., 2026] Kim D., Kanazawa H., Kuniyoshi Y. Active Inference with a Self-Prior in the Mirror Mark Task // arXiv. 2026.
[Liu et al., 2026] Liu J., Li Y., Zhu L., Zhang W. PEPA: a Persistently Autonomous Embodied Agent with Personalities // arXiv. 2026.
[SemiAnalysis, 2025] SemiAnalysis Research. Robotics Levels of Autonomy: From Scripted Motion to General Purpose Robots // SemiAnalysis. 2025.
[Jiang et al., 2026] Jiang S.-Q., Zhang S.-X., Tao S.-D., Zhu X.-H., Qi T.-L., Song X.-H. Self Model for Embodied Artificial Intelligence // Journal of Computer Science and Technology. 2026.
[Wang & Sun, 2025] Wang Y., Sun T. Embodied AGI Roadmap: From L1 to L5 // arXiv. 2025.

Социальная динамика и коллективный интеллект

[Moskowitz et al., 2022] Moskowitz I.S., Rogers P., Russell S. Mutual Information and Multi-Agent Systems // Entropy. 2022. Vol. 24, № 12, 1719.

[Last, 2015] Last C. Information-energy metasystem model: A new perspective on the evolution of complexity // SSRN. 2015.

Вирусология

[Cann, 2015] Cann A. Principles of Molecular Virology. 6th ed. – Academic Press, 2015.
[Chuong, 2018] Chuong E.B. The placenta goes viral // PLoS Biology. 2018. Vol. 16, № 10, e3000028.
[Resh & Cardé, 2009] Resh V.H., Cardé R.T. Encyclopedia of Insects. 2nd ed. – Academic Press, 2009.

Когнитивные способности рыб и головоногих

[Kohda et al., 2025] Kohda M., et al. Cleaner wrasse pass the mirror test. Scientific Reports, 2025.
[Schnell et al., 2021] Schnell A.K., et al. Cuttlefish show episodic-like memory and future planning. Current Biology, 2021. Vol. 31, № 7, 1565–1570.
[Fiorito & Scotto, 1992] Fiorito G., Scotto P. Observational learning in Octopus vulgaris. Science, 1992. Vol. 256, 545–547.