Никитин А.В.

Парадигма потока случайностей 2.

Оглавление

ЧАСТЬ IV. ОПЕРАЦИОНАЛЬНЫЕ ПОНЯТИЯ 1

IV.1. Сегрегация (внешняя) 4
IV.2. Самосегрегация (внутренняя) 5
IV.3. Системный хаос 7
IV.4. Комбинаторика 8
IV.5. Антихаос 12
IV.6. Дружественная среда 12
IV.7. Старение 16
IV.8. Катастрофа (СОК — самоорганизованная критичность) 17
IV.9. СОЦ (самоорганизованная целостность) 18

ЧАСТЬ V. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ 18

V.1. Масштабная инвариантность (самоподобие) 21
V.2. Иерархическая самоорганизация 21
V.3. Принцип антихаоса 22
V.4. Принцип двойной фильтрации 22

ЧАСТЬ VI. ЦИКЛ ХАОСА 23

VI.1. Глобальный круговорот материи 25
VI.2. Жизненный цикл автомата. 25
VI.3. Фазы жизненного цикла 27
VI.4. Роль самосегрегации в жизненном цикле 28
VI.5. Фундаментальная непредсказуемость момента катастрофы 29
VI.6. Примеры жизненного цикла с учётом обоих механизмов 29

БИБЛИОГРАФИЯ К ТОМУ 2 30

ПРИЛОЖЕНИЯ К ТОМУ 2 34

Приложение 1. Дополнение к глоссарию (Том 2) 34
Приложение 2. Ключевые уравнения Тома 2 35
Приложение 3. Примеры жизненного цикла 36
Приложение 4. Таблица фальсификации для Тома 2 37

ЧАСТЬ IV. ОПЕРАЦИОНАЛЬНЫЕ ПОНЯТИЯ

Поток случайностей несёт материю сквозь уровни мироздания. Автоматы возникают, живут и гибнут в этом потоке. Внутри них кипит действующий хаос, дающий им пластичность, память и способность к обновлению. Но чтобы понять, как именно автоматы справляются с напором случайностей, как они умудряются не только выживать, но и усложняться, нам нужен точный инструментарий – набор *операциональных понятий*. Это рабочие инструменты, с помощью которых мы будем описывать реальные процессы. Без них наши рассуждения останутся общими и расплывчатыми; с ними они обретают точность и глубину.

Сегрегация: стражи на границе

Первое и, пожалуй, самое важное понятие – *сегрегация*. {1} Так мы называем работу границы автомата, его «таможню». Всякий автомат существует не в пустоте – он окружён внешней средой, откуда непрерывно поступают элементы, несущие случайность. Что-то из этого потока полезно, что-то опасно, а что-то нейтрально. Автомат должен отличать полезное от вредного, своё от чужого.

Как это происходит? На границе работают *сенсоры* – они распознают приближающиеся элементы, классифицируя их по трём категориям: «свои» (пропустить внутрь), «чужие» (отбросить или уничтожить) и «пусто» (отсутствие элемента) {2}. Этот механизм удивительно универсален. Мембрана живой клетки пропускает одни вещества и задерживает другие {3}. Атмосфера планеты сжигает мелкие метеориты, но пропускает солнечный свет {4}. Поверхность кристалла присоединяет только те атомы, которые подходят по размеру и заряду {5}. Иммунная система отличает свои белки от чужих, уничтожая захватчиков {6}.

Сегрегация – это не просто пассивный фильтр. Это активный процесс, требующий энергии и точной настройки {7}. Скорость сегрегации, площадь границы, плотность «чужих» элементов и эффективность распознавания определяют, насколько успешно автомат справляется с внешним давлением. Именно здесь формируется **системный хаос** – набор типов элементов, допущенных внутрь и ставших строительным материалом для внутренних процессов {8}.

Самосегрегация: внутренний архитектор

Но пропустить нужное – только полдела. Внутри автомата элементы должны как-то организоваться, занять свои места, вступить в правильные взаимодействия. Если бы они оставались хаотически перемешанными, никакой сложной структуры не возникло бы. Здесь вступает в действие *самосегрегация* – спонтанное разделение внутреннего хаоса на кластеры, домены и фазы {9}.

Самосегрегация происходит без внешних команд, это процесс, движимый исключительно физическими взаимодействиями. Элементы одного типа «чувствуют» друг друга и собираются вместе, минимизируя свободную энергию системы {10}. Вода и масло в пробирке расслаиваются сами собой – это простейший пример {11}. В кристаллической решётке атомы примеси диффундируют и собираются в кластеры, создавая зародыши новых структур {12}. В мембране клетки липиды и белки образуют specialised domains – липидные рафты, где проходят важнейшие биохимические процессы {13}.

Самосегрегация не только создаёт порядок, но и готовит почву для самого удивительного – для *антихаоса*. В тех местах, где собираются «свои» элементы, локальная упорядоченность резко возрастает, и возникают условия для качественного скачка.

Антихаос: искра творения

Антихаос – одно из самых интригующих понятий в нашей парадигме {14}. Это локальная, кратковременная зона внутри хаоса, где флуктуации вдруг выстраиваются в порядок. Представьте себе бурлящий поток, в котором на мгновение возникает идеально правильный вихрь. Или раствор, где случайное движение молекул вдруг создаёт центр кристаллизации{15}. Или протопланетный диск, где гравитационная флуктуация порождает сгущение, которому суждено стать планетой {16}.

Антихаос может возникать спонтанно – за счёт редких, но неизбежных крупных флуктуаций {17}. Но чаще он индуцируется самосегрегацией: когда «свои» элементы собираются вместе, они создают область с пониженной энтропией, где вероятность упорядочивания резко возрастает {18}. Именно в таких зонах может произойти **СО**Ц – самоорганизованная целостность, рождение нового автомата{19}.

СОЦ: момент рождения

Самоорганизованная целостность – это момент, когда из хаоса возникает новая устойчивая структура. Это не постепенный процесс, а скачок, переход через порог. Для него нужно совпадение трёх факторов: наличие зоны антихаоса, присутствие подходящего строительного материала и энергия, способная их соединить {20}.

В плазме звезды это момент, когда случайно сблизившиеся ядра преодолевают кулоновский барьер и сливаются, высвобождая энергию {21}. В химическом растворе – когда молекулы выстраиваются в правильную решётку и начинается рост кристалла{15}. В предбиологическом бульоне – когда липиды образуют мембранный пузырёк, внутри которого могут пойти сложные реакции {22}.

СОЦ – это антипод катастрофы. Там, где катастрофа разрушает структуру, возвращая её в хаос, СОЦ создаёт из хаоса новый порядок. Вместе они образуют вечный цикл рождения и гибели.

Дружественная среда: условие процветания

Автомат может существовать долго только тогда, когда скорость поступления хаоса не превышает скорости его удаления и переработки {23}. Такое состояние мы называем *дружественной средой*. Оно описывается двумя критериями.

Первый – внешний: число дружественности *Fr* должно быть не меньше единицы{24}. Это значит, что сегрегация успевает отсеивать вредные элементы быстрее, чем они поступают. Второй – внутренний: время самосегрегации не должно превышать критическое время, за которое флуктуации могут достичь опасного размера{25}.

В дружественной среде автомат может не просто существовать, но и развиваться, используя поток как ресурс. В недружественной – он обречён на старение и гибель.

Старение: необратимый путь

Ничто не вечно. Даже в самой дружественной среде автомат постепенно накапливает изменения, которые не могут быть полностью удалены или переработаны. Это *старение* – необратимый рост внутреннего хаоса {26}.

Старение ускоряется, когда поступление хаоса превышает возможности сегрегации, когда самосегрегация неэффективна, когда внутренние процессы дают сбои. Оно замедляется, если автомат активно обновляется через СОЦ, если самосегрегация успешно изолирует опасные элементы. Но остановить старение полностью нельзя – можно лишь отдалить неизбежное.

Катастрофа: конец и начало

Когда мера хаоса H достигает критического значения H_{crit}, автомат вступает в зону бифуркации. Теперь любая, даже самая малая флуктуация может вызвать лавинообразное разрушение – *катастрофу (СОК)* {28}.

Катастрофа может быть глобальной – полное разрушение структуры. А может быть локальной – потеря важной части, ведущая к необратимому упадку. В любом случае материал автомата возвращается в поток, становясь сырьём для новых структур. Так замыкается цикл: хаос рождает автомат, автомат живёт, стареет и гибнет, возвращаясь в хаос.

Все эти понятия – сегрегация, системный хаос, самосегрегация, антихаос, СОЦ, дружественная среда, старение, катастрофа – образуют единый язык. На нём мы можем описывать судьбу любого автомата, от атома до галактики. Без этого языка наши представления остались бы смутными догадками. С ним они превращаются в точную науку.

IV.1. Сегрегация (внешняя)

Сегрегация — это фильтрация потока случайностей на внешней границе автомата, отделяющая элементы, поступающие из внешней среды {1}. Автомат распознаёт приближающиеся элементы как «свои», «чужие» или фиксирует их отсутствие («пусто») и на основе этого распознавания либо пропускает элемент внутрь, либо отталкивает, либо уничтожает {2}.

Вот примерно так…

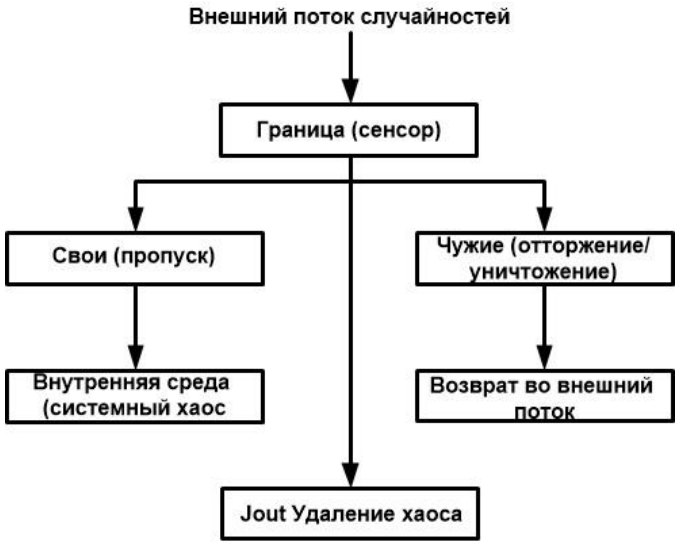


Рис.4. Сегрегация (внешняя, на границе автомата)

Пояснение:

- Сенсор на границе распознаёт элементы потока как «свои», «чужие» или «пусто».
- «Свои» пропускаются внутрь и пополняют системный хаос (материал для самосегрегации).
- «Чужие» либо отбрасываются обратно во внешний поток, либо уничтожаются.
- Поток удаляемого хаоса J_{out} фиксируется как результат сегрегации.

Где происходит: на границе раздела «автомат — внешняя среда».

Что делает: отсеивает неподходящие элементы из внешнего потока; пропускает внутрь элементы, признанные «своими»; формирует *системный хаос* из допущенных элементов {8}.

Роль в уравнении баланса: обеспечивает член J_{out} — единственный отрицательный член (кроме необратимого старения ξ), который активно уменьшает хаос.

Математически:

$$J_{out}=S\cdot v_{seg}\cdot \rho_{boundary}\cdot \eta \qquad (1)$$

где:

S — площадь поверхности автомата,

v_{seg} — скорость сегрегации (средняя скорость обработки границы),

$\rho_{boundary}$ — объёмная плотность «чужих» элементов в приграничной области,

η — эффективность сегрегации (доля «чужих», которые действительно отсеиваются, $0\leq\eta\leq1$) {7}.

Связь с другими понятиями:

- результат сегрегации — *системный хаос* {8}*;*
- материал, прошедший сегрегацию, поступает во внутреннюю среду для *самосегрегации* {9}*;*
- ослабление сегрегации может создавать условия для **антихаоса** на границе {14}.

Примеры: мембрана клетки{3}, таможня на границе государства, поверхность кристалла{5}, отторжение трансплантата иммунной системой {6}.

IV.2. Самосегрегация (внутренняя)

Этот процесс — ключевой механизм перехода от глобального хаоса к локальным упорядоченным структурам в концепции материального хаоса {9}. *Эволюция хаоса через последовательное ограничение разнообразия* за счёт:

- пространственной локализации несовместимых элементов (материя /антиматерия);
- формирования «дружественных сред» с узким диапазоном допустимых состояний;
- изоляции «опасных» продуктов реакций, что дополнительно сужает допустимое разнообразие;
- появления множества локальных зон с пониженной хаотичностью внутри общего хаоса.

Процесс идёт поэтапно: глобальный хаос → локальные зоны несовместимости → микросреды с узким разнообразием → ещё более однородные подсистемы.

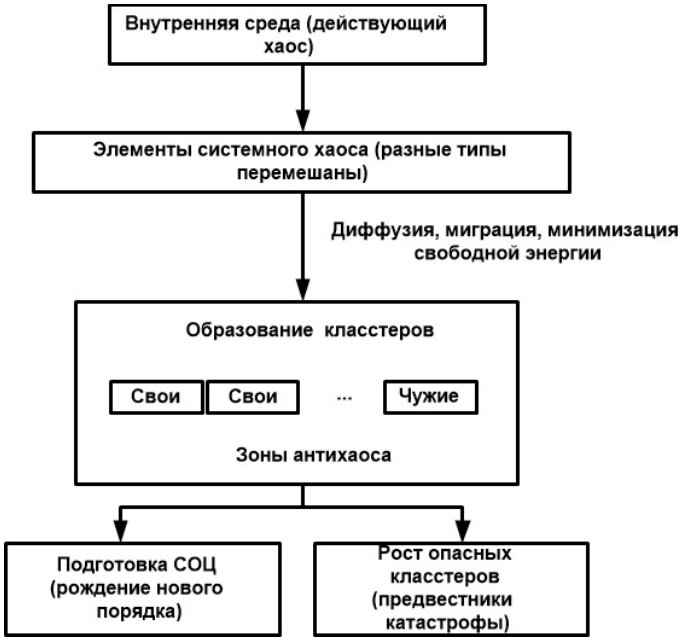


Рис.5. Самосегрегация (внутренняя, в объёме автомата)

Пояснение:

- Внутри автомата элементы системного хаоса (прошедшие сегрегацию) диффундируют и взаимодействуют.
- За счёт минимизации свободной энергии происходит спонтанное разделение: элементы одного типа собираются в кластеры {10}.
- Кластеры «своих» создают локальные зоны антихаоса, где повышена упорядоченность – здесь возможна СОЦ {18}.
- Кластеры «чужих» (несовместимых) могут достигать критического размера и инициировать катастрофу {27}.

В результате процесса иерархической самосегрегации локального действующего хаоса возникает «селективная стабилизация» локальных зон с формированием в этом объеме дружественной среды для совместимых элементов локального множества.

Самосегрегация — это спонтанное разделение элементов внутри действующего хаоса на обособленные группы, кластеры или фазы на основе внутренних критериев совместимости («свой/чужой» относительно друг друга), без внешнего управляющего воздействия {9}.

Где происходит: в объёме автомата, в его внутренней среде.

Движущие силы: минимизация свободной энергии системы {10}; диффузия и миграция элементов {29}; фазовые переходы (спинодальный распад, нуклеация) {30}; различие в химическом потенциале компонентов {31}.

Результаты: образование локальных зон повышенного порядка (доменов, кластеров); перераспределение внутреннего хаоса без изменения общего количества H; подготовка условий для **антихаоса** и **СОЦ** {18}.

Математическое описание: уравнение Кана-Хиллиарда для фазового разделения {32}:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \nabla \cdot \left[M \nabla \left(\frac{\delta F}{\delta c} \right) \right] \qquad (2)$$

где $c(r,t)$ — локальная концентрация, F — функционал свободной энергии, M — подвижность {30}.

Связь с другими понятиями:

- работает с материалом, который уже прошёл *сегрегацию* (системный хаос) {8};
- создаёт зоны *антихаоса* — локальные области с повышенной упорядоченностью {14};
- повышает вероятность *СОЦ* в этих зонах {19};
- может замедлять *старение,* убирая несовместимые элементы из объёма в изолированные кластеры {26};
- при неблагоприятных условиях может подготавливать *катастрофу* (рост критических кластеров) {27}.

Примеры: расслоение жидкостей (вода-масло) {11}, кластеризация примесей в кристаллах {12}, образование липидных рафтов в мембранах {13}, спинодальный распад в сплавах {30}, фазовое разделение в галактических газовых облаках{33}.

Связь с законами хаоса:

Закон №2 (каскадное усиление флуктуаций) — малые флуктуации концентрации усиливаются до макроскопического разделения {34};

Закон №4 (диссипация) — самосегрегация требует сброса энергии {35};

Закон №5 (бифуркационная чувствительность) — переход к разделению фаз происходит при критических параметрах {36}.

IV.3. Системный хаос

По условиям иерархической локальной самосегрегации существующий действующий хаос не может рождать хаос с теми же ограничениями. Только с бОльшими. Но… чем сильнее ограничения, тем сложнее идет формирование зоны антихаоса и появления из множества объектов самоорганизованной целостности с новыми свойствами. Из них возникает новый хаос с ещё бОльшими ограничениями относительно «старого хаоса». Как назвать этот новый хаос?

Ученые дали ему название… *системный хаос* {8}.

По крайней мере, таким представляется ученым любой хаос в математической теории хаоса. При этом сам механизм самоподдержания и формирования системного хаоса там остался «за кадром».

Чем же отличается системный хаос от «несистемного»?

Можно указать, например, такое отличие более ограниченного системного хаоса от несистемного хаоса ограниченного разнообразия…

В дружественной среде системного хаоса возможно начало марковского «ветвящегося процесса[1]» (названного так А.Н.Колмогоровым {37}), обратного немарковскому процессу «зависимости от прошлого» с появлением объектов увеличивающих разнообразие среды за счет перестановок и разных сочетаний

[1] **Ветвящийся процесс** — случайный процесс, описывающий широкий круг явлений, связанных с размножением и превращением каких-либо объектов. Термин «ветвящиеся процессы» был предложен А. Н. Колмогоровым в начале 1947 года и в силу своей удачности пришёл в другие языки в виде кальки: англ. branching processes, нем. Verzweigungsprozesse, швед.

ограниченного разнообразия «частей» в составе Целого. Это один из вариантов торможения самоупорядочивания разнообразия хаоса.

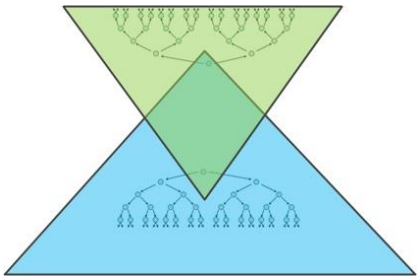


Рис.6. Ограничение и развитие в хаотическом процессе.

Такие многовариантные взаимодействия в виде ветвящихся процессов обнаружили многие химические элементы, но наиболее многообразные взаимодействия обнаружены у углерода (C), кремния (Si), группы галогенов (F, Cl, Br, I) {38}.

На Земле наиболее «дружественной» среда оказалась для соединений углерода. Эту ситуацию автор термина, астрофизик Карл Саган, назвал «углеродным шовинизмом[2]»{39}, критикуя точку зрения, что жизнь в космосе может возникнуть только на этой основе. Процесс образования эволюционных цепочек возможен в разных средах и хаосах.

Здесь важно отметить, что процессы ограничения разнообразия и ветвящийся процесс развития системного хаоса идут одновременно. Этими противоположными направлениями в процессе подержания разнообразия состава множества достигается метастабильность существования сложного объекта содержащего системный хаос ограниченного разнообразия {40}.

Пример такого незавершающегося процесса развития хаоса на рис. 6.

Но в таком случае возникает проблема понимания появления новых хаосов на основании старого. Как всё это начинается, как происходит?

Системный хаос *— это набор типов элементов, признанных «совместимыми» в результате многократной сегрегации и допущенных внутрь автомата* {8}.

Двойственная роль:

- является *результатом* внешней сегрегации;
- является *исходным материалом* для внутренних процессов: самосегрегации, комбинаторики, СОЦ.

Математически:

H_{sys}=*{типы элементов, для которых сенсор даёт «СВОЙ»}* (3)

Свойства: чем строже сегрегация, тем беднее системный хаос (мало типов); чем либеральнее сегрегация, тем богаче системный хаос (много типов), но выше риск проникновения опасных элементов.

Примеры: 4 нуклеотида в ДНК {41}, 20 аминокислот в белках {42}, таблица Менделеева как системный хаос химии {43}.

IV.4. Комбинаторика

Смешивание системных хаосов и их элементов внутри хаоса может быть физическим и комбинаторным.

Физическое смешивание может развиваться как с образованием границы сред разных множеств, как раствора жидкости и каких-то нерастворимых кристаллических образований. Например, воды и песка{44}.

[2] **Углеродный шовинизм** (англ. Carbon chauvinism) — неологизм, использующийся для пренебрежительного наименования теории универсальности водно-углеродной жизни ввиду исключительных химических и термодинамических свойств углерода, делающих его намного предпочтительнее всех прочих элементов. https://ru.wikipedia.org/?curid=960765&oldid=140463485

В этом случае все новообразования и взаимодействия начинаются на границе сред, а потом распространяются на весь объем множества, как одного, так и всех хаосов в области их смешивания. Так происходит истирание песчинок друг об друга в воде до образования тонкодисперсного глинистого раствора с водой, который образует взвесь или раствор одного множества в объеме другого и не разделяемый на воду и примесь даже при отстаивании.

Комбинаторное смешивание происходит, когда системный хаос создает возможность развития «ветвящегося процесса» {37}, идущего в сторону развития дальнейшего ограничения исходного разнообразия, но при этом он создаёт своё новое расширение разнообразия перестановками и комбинациями одних и тех же частей в сложных элементах самоорганизованных целостностей каждого нового уровня.

Но все же чаще при смешивании сред возникает «несистемный» хаос с появлением общей внешней среды дружественной ко всем элементам этих хаосов. Здесь и начинается свободное комбинирование взаимодействий элементов всех хаосов в любом сочетании и последовательности {45}.

В этом случае взаимодействие элементов множеств хаосов может происходить во внешней среде. Происходит комбинаторное смешивание с образованием целых объектов, состоящих из элементов всех смешанных локальных хаосов. Возникающие новые объекты начинают свое существование с образования множества нового хаоса. Такая возможность существует на любом уровне смешиваемых хаосов и объектов.

Мы зафиксировали наличие *взаимодействий множеств системных хаосов* с расширением их общего разнообразия до нового «несистемного» уровня - общего *хаоса ограниченного разнообразия*.

Теперь оценим процессы расширения разнообразия хаосов...

Комбинаторика — это создание новых конфигураций из элементов системного хаоса. Комбинаторика порождает новые случайности, которые уходят в восходящий поток {45}.

Где происходит: в объёме (случайные столкновения и соединения); в зонах *антихаоса*, созданных *самосегрегацией* (где вероятность образования устойчивых структур выше) {18}.

Математически: число возможных комбинаций растёт экспоненциально или факториально:

- для последовательностей длины L из N типов: N^L;
- для структур с произвольными связями: значительно больше.

Связь с другими понятиями:

- использует материал *системного хаоса {8}*;
- чем богаче системный хаос, тем больше возможностей для комбинаторики;
- антихаос повышает вероятность успешной комбинаторики {14}.

Примеры: из 4 нуклеотидов — бесконечные последовательности ДНК {41}; из 20 аминокислот — миллионы белков {42}; из таблицы Менделеева — бесконечное множество химических соединений {43}.

Хороший пример здесь – органические соединения[3]{46}.

[3] **Органические соединения**, органические вещества — класс химических веществ, объединяющий почти все химические соединения, в состав которых входят атомы углерода, связанные с атомами других химических элементов. ...Условно можно считать, что структурным

Очень ограниченный набор исходных химических элементов и широчайший выбор вариантов их организации в том или ином соединении. Только белков[4] известно более 5 млн {47}. В этой группе соединений РНК, ДНК, АТФ и т.д., весь набор органических соединений живого организма.

Вот некоторые примеры:

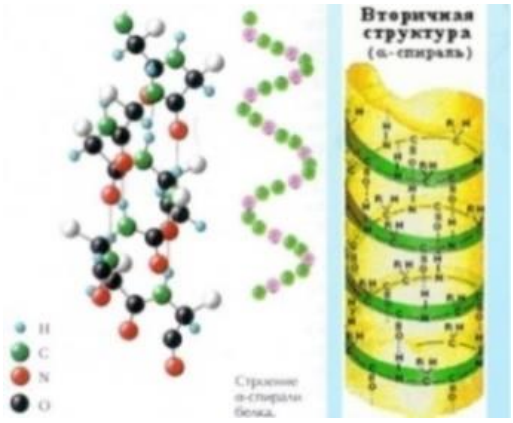


Рис.7. Белки. Структура белковой молекулы.

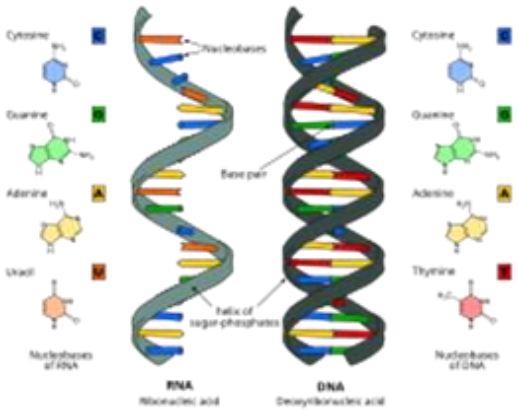


Рис.8.Нуклеиновые кислоты[5] РНК (слева) и ДНК (справа)

Это разнообразие системное. Оно образовано из очень ограниченного набора элементов, образующих различные комбинации, как разные объекты с разными химическими свойствами.

И сразу в процесс образования комбинационных цепочек включается другой фактор - *естественный отбор*, который сокращает возможные формы существования новых объектов до реально возможных и устойчивых {48}.

Конечно, такое разнообразие в своем случайном множестве образует хаос.

Может быть, он возникает из-за цикличности существования?

Вот пример из физики…

Это смена фазового состояния вещества:

Циклический процесс существования выглядит так:

прототипом органических соединений являются углеводороды. Органические соединения, наряду с углеродом (C), чаще всего содержат (порознь или в различных комбинациях) водород (H), кислород (O), азот (N), значительно реже — серу (S), фосфор (P), галогены (F, Cl, Br, I), бор (B) и некоторые металлы. https://ru.wikipedia.org/?curid=13577&oldid=140171165

[4] **Белки** (протеины, полипептиды) — высокомолекулярные органические вещества, состоящие из альфа-аминокислот, соединённых в цепочку пептидной связью. В живых организмах аминокислотный состав белков определяется генетическим кодом, при синтезе в большинстве случаев используется 20 стандартных аминокислот. Множество их комбинаций определяет большое разнообразие свойств молекул белков.
https://ru.wikipedia.org/?curid=69591&oldid=140167189

[5] **Нуклеиновая кислота** (от лат. nucleus — ядро) — высокомолекулярное органическое соединение, биополимер (полинуклеотид), образованный остатками нуклеотидов. Нуклеиновые кислоты ДНК и РНК присутствуют в клетках всех живых организмов и выполняют важнейшие функции по хранению, передаче и реализации наследственной информации.
https://ru.wikipedia.org/?curid=259420&oldid=134803612



В физике, это смена фазового состояния вещества, как…



При переходе из одного состояния в другое, вещество в новой структуре теряет большую часть случайных изменений накопившихся в старой, и тем продляет свое существование как сложный объект.

При этом «газ» формально внутренней сложности не имеет. «Жидкость» имеет ограниченную сложность внутренней структуры. «Твёрдое тело» может обладать свойствами «жидкости», как например, стекло, а может и увеличить свою внутреннюю системность до кристаллической структуры. Это высший уровень объектов самоорганизованной целостности.

И в каждом из объектов множества одного фазового состояния есть остатки и включения всех других фазовых состояний.

Циклическое самокопирование с сохранением изменений.

Как мы знаем, общая форма РНК – двойная спираль, которая может быть расщеплена на одинарные цепочки нуклеотидов {49}. Да, с помощью той же РНК, в качестве рибозима {50}. И на каждой одноцепочечной последовательности нуклеотидов почти автоматически происходит процесс осаждения свободных нуклеотидов из внешней среды. Но, только в разрешенных электронными связями вариантах. Например, самые распространенные в РНК: Аденин – урацил (А-У) и цитозин – гуанин (Ц-Г) {51}.

Что же получается в результате этого процесса осаждения?

В общем случае мы получаем *две абсолютно одинаковых двойные спирали РНК из одной*. Технически это называется процессом *самокопирования*.

Такой процесс может идти в режиме бесконечного повтора или циклами множество раз. В биологии это начало *самовоспроизводства*.

В чем тут отличие от физической цикличности?

В сохранении прошлых изменений при начале нового цикла существования цепи РНК после самокопирования в процессе репликации. Это позволяет сделать процесс накопления изменений постоянным, независимо от количества циклов существования цепочек РНК. А потом и ДНК.

Именно этот вариант роста одинарной цепочки РНК или ДНК до полной двойной спирали стал основой развития Живого во всем его разнообразии {52}.

Конечно, когда-то потом обязательно придет процесс деления полной двойной цепи на одноцепочечные половинки, и часть их дойдет до распада комбинационной цепочки на части, как объекты нижнего уровня иерархии хаосов. И процесс формирования цепочек повторится.

IV.5. Антихаос

Антихаос — это локальная, кратковременная зона внутри действующего хаоса, где флуктуации плотности, энергии или иных параметров создают условия для доминирования упорядочивающих взаимодействий {14}.

Два пути возникновения:

- *спонтанный* — за счёт флуктуаций в однородном хаосе {17};
- *индуцированный* — как результат **самосегрегации**, когда собравшиеся вместе «свои» элементы создают локальную область с новыми свойствами {18}.

Ключевые свойства:

- *локальность* — возникает в малом объёме;
- *кратковременность* — существует ограниченное время;
- *статистичность* — подчиняется вероятностным законам;
- *необходимость для СОЦ* — без антихаоса невозможно рождение нового автомата {19}.

Математически: вероятность возникновения антихаоса

$$p_{anti}=p_{spont}+p_{induced}(c_{cluster}) \qquad (4)$$

где $p_{induced}$ растёт с концентрацией элементов в кластере {18}.

Примеры: центр кристаллизации в растворе, локальное сгущение в протопланетном диске {16}, флуктуация плотности в турбулентной плазме {21}, липидный рафт в мембране {13}.

IV.6. Дружественная среда

Как мы уже говорили, на существующем основании возникает множество мелких объектов, в которых содержится свой хаос, с ещё меньшим разнообразием и большими ограничениями, чем исходное основание.

А вот далее…

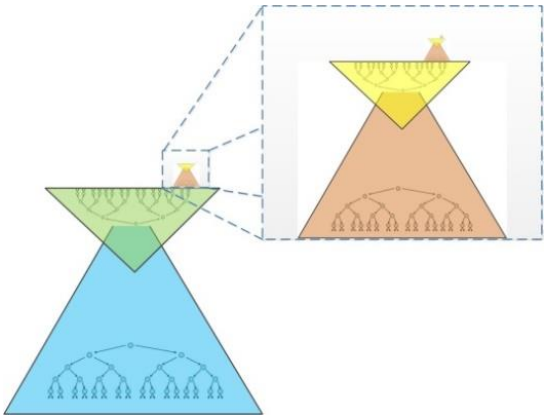


Рис.9. Фракталы хаоса

Объекты начинают группироваться в самоорганизующуюся целостность по принципу «нейтральности к соседу», ограничивать влияния на свое существование и не мешать существовать другим объектам этой группы.

Возникает «дружественная среда» для этой группы как процесс смешивания сред отдельных хаосов. У мелких хаосов, зажатых в своих ограничениях изнутри, вдруг появляется огромное внешнее разнообразие, позволяющее им развиваться дальше вот так, в групповом варианте {53}.

Многие группы так и сосуществуют в таком режиме взаимодействия.

В некоторых областях такой «дружественной» среды» возникают группы взаимодействующих элементов с образованием комбинаторного разнообразия взаимодействий в виде ветвящихся процессов, ведущих к расширению общего

разнообразия хаоса {37}. Вся эта картина очень напоминает *фрактальную*[6] *структуру* {54}. Сильно упрощенный пример показан как рис. 9.

За счет чего поддерживается процесс расширения хаоса?

Первичные флуктуации вакуума поддерживают разнообразие общей внешней среды для всей иерархии системных хаосов {55}. Оно значительно больше, чем разнообразие любого уровня иерархии в пирамиде хаосов, связанных дружественной внешней средой.

Из общей среды черпаются новые возможности и средства, поддерживающие расширение разнообразия системного хаоса. Это может быть новый химический элемент, не входящий в начальное системное множество элементов иерархии хаосов, или фактор влияния, существующий на этом уровне, но отсутствующий на других уровнях иерархии. Вариантов оказывается очень много.

И опять, на страже порядка главный арбитр… - естественный отбор.

Но, есть ли фрактальная бесконечность?

Мы вышли на механизм развития хаоса, имеющий фрактальный характер. Но это не математическая фрактальность. Это скорее сложная иерархия размерности объектов по характеру сходная с фракталами. О невозможности бесконечного ограничения разнообразия среды и возникающих в ней объектов мы уже знаем.

Это возможность частичного разрушения пирамиды локальной иерархии хаосов и начала появления «ростков» нового вида системного хаоса с образованием своей пирамиды, на «старом основании».

С другой стороны, мы говорим, что любой объект нашей Вселенной для сохранения устойчивости существования должен быть Целым, а это значит, быть сложным и состоять из своих частей. Это подтверждается фактом сложности объектов всех размерностей во Вселенной.

Мы разбили частицу на составные части.

Ну, всё, вот это «кирпичики всего мироздания»! Ан нет, оказывается и эти «кирпичи» имеют сложное строение. Надо «копать глубже и бить мельче».

Наука всё больше приближается к пониманию, что движение «к Началу» размерностей Мира может продолжаться бесконечно. И в движении «к Концу» размерностей Мира наблюдается примерно то же самое.

Самый очевидный вывод из этого:

Движение по размерностям объектов Вселенной в любую сторону сегодня не ограничено. За «последним уровнем» пока следует еще один. И там будет что-то примерно подобное тому, что мы уже знаем.

От глюонов и кварков до планет и звезд мы видим материальные объекты в локальности сферы, а силовые поля постоянной локализации не имеют и всегда находятся в состоянии расширения со скоростью С.

Как это получилось?

Чтобы образовать локальность, надо замкнуть пространство, например, сферу с заключенными внутри полями, удерживающими объем сферы своей энергией. Чтобы такие пространственные сферы могли взаимодействовать, они должны принимать и отдавать часть своей энергии в виде квантов внешнего поля.

Тогда множество сфер могут образовывать структуры любой формы своим взаимодействующим множеством, без образования общей пространственной

[6] **Фрактал** (лат. fractus — дроблёный, сломанный, разбитый) — множество, обладающее свойством самоподобия (объект, в точности или приближённо совпадающий с частью себя самого, то есть целое имеет ту же форму, что и одна или более частей).
https://ru.wikipedia.org/?curid=31309&oldid=140405839

локальности. Пример – атом вещества. На другом уровне размерности – Солнечная система с планетами. Еще поднимемся на уровень – галактика с черной дырой в центре.

А между этими «подобиями» своя «вложенная» система форматов существования: газ, жидкость, твердое тело с кристаллической основой.

Такая же структурно-хаотическая структура вещества из множества атомов повторяется на уровне звездных скоплений, галактик и в виде «стен и пустот» в структуре материи Вселенной.

В качестве «атомов» - звезды и их скопления.

Вот она, сложная, …не строгая математическая, а реальная хаотическая фрактальность во Вселенной. Явно присутствует.

Где она заканчивается, неизвестно.

И все же…

Исследуя сравнение фракталов и фракталоподобных структур С.Д. Хайтун в своей статье «Космологическая картина мира, вытекающая из гипотезы о фрактальной вселенной» не раз подчеркивает, что «*массовая плотность (плотность массы) фрактальных структур, расположенных в нашем трёхмерном пространстве, если это только «настоящие» фракталы, обладающие необычной размерностью, равна нулю*».

Далее он вполне обоснованно пишет: «*Так что расположенные в нашем трёхмерном мире материальные структуры, обладающие ненулевой плотностью, не являются «настоящими» фракталами, они только фракталоподобны*»{99}.

С этим соглашаются и авторы работы «Фракталы и хаос в биологическом морфогенезе»: *«Природные, в частности, биологические структуры - это «обрубленные» на какой-то ступени фракталы и вдобавок – стохастические, хаотические фракталы, или квазифракталы: повторяемость их структуры в разном масштабе неполна и неточна. Некоторые исследователи, например, С.Д. Хайтун (1996), на этом основании приходят к заключению, что фракталы не являются реально существующими объектами, а реальные системы могут быть только фракталоподобными.*

Все природные квазифрактальные структуры … – визулизация, след, результат, структурная запись порождающих их хаотических природных процессов. Фрактальная геометрия природы, неживой и живой – геометрия хаоса. Структурные квазифракталы можно считать пространственными аналогами хаотических нелинейных процессов, в результате которых и возникают природные квазифрактальные структуры» {100}.

Иерархия действующего хаоса порождает и квазифрактальность нашего Мира. Квазифрактальность Вселенной рождена хаосом.

Дружественная среда — это состояние автомата, при котором скорость сегрегации не ниже скорости поступления хаоса из потока, а самосегрегация эффективно перераспределяет внутренний хаос {23}.

Дружественная среда *($Fr \geq 1$, $\tau_{self} \leq \tau_{crit}$)* — необходимое условие для реализации стратегии взаимодействия; при её нарушении автомат вынужден переходить к стратегии противостояния или подчинения {56}.

Число дружественности (Fr)

Безразмерный параметр, характеризующий способность автомата справляться с поступлением хаоса из внешнего потока {24}. Определяется как отношение скорости удаления хаоса сегрегацией к скорости его поступления:

$$Fr = \frac{S \cdot v_{seg} \cdot \rho_{boundary} \cdot \eta}{J_{in}} \geq 1 \qquad (5)$$

где:

S — площадь поверхности автомата,

v_{seg} — скорость сегрегации,

$\rho_{boundary}$ — плотность «чужих» элементов на границе,

η — эффективность сегрегации,

J_{in} — поток поступающего хаоса.

Внешний критерий сегрегации оценивает, насколько успешно автомат справляется с поступлением хаоса из внешнего потока. Ключевым показателем здесь является *число дружественности* Fr – безразмерный параметр, связывающий скорость удаления хаоса за счёт сегрегации со скоростью его поступления.

Физический смысл:

- $Fr \geq 1$ — автомат находится в дружественной среде: сегрегация успевает удалять хаос быстрее, чем он поступает.
- $Fr < 1$ — среда недружественна, хаос накапливается, начинается старение {26}.

Число самосегрегации (S)

Безразмерный параметр, характеризующий эффективность внутреннего разделения элементов в действующем хаосе и его влияние на устойчивость автомата {25}. Определяется как:

$$s = \frac{\tau_{crit}}{\tau_{self}} \cdot \frac{c_{claster}}{c_{crit}} \qquad (6)$$

где:

- τ_{self} — характерное время самосегрегации,
- τ_{crit} — критическое время, за которое флуктуации могут достичь опасного размера,
- $c_{cluster}$ — концентрация элементов в кластере,
- c_{crit} — критическая концентрация для образования зоны антихаоса или опасного кластера.

Интерпретация значений:

- $s < 1$ — самосегрегация недостаточна: кластеры растут медленно, хаос накапливается, старение ускоряется.
- $1 \leq s \leq s_{crit}$ — оптимальный режим: самосегрегация создаёт зоны антихаоса, стабилизирует автомат и подготавливает СОЦ.
- $s > s_{crit}$ — самосегрегация создаёт опасные кластеры, которые могут инициировать катастрофу (СОК) {27}.

Внутренний критерий (самосегрегация):

$$\tau_{self} \leq \tau_{crit} \quad (7)$$

где τ_{self} — характерное время самосегрегации, τ_{crit} — время, за которое флуктуации могут достичь критического размера.

Физический смысл: автомат находится в дружественной среде, если:

- успевает удалять внешний хаос быстрее, чем тот поступает ($Fr \geq 1$);
- успевает перерабатывать внутренний хаос в безопасные структуры ($\tau_{self} \leq \tau_{crit}$).

Число самосегрегации — второй ключевой критерий устойчивости автомата. Подробно рассматривается в разделе VI.2.4 и используется в анализе фаз жизненного цикла (VI.3) и отбора (VIII.4).

IV.7. Старение

Бесконечное существование оказалось невозможным. Поток случайностей рано или поздно создаст момент разрушения внутренних связей частей объекта, что приведет к окончанию его существования {26}. Существование стало цикличным:

Рождение – существование – разрушение.

Получился вот такой глобальный процесс:



Рис.10. Условия и действующие факторы существования любого объекта Вселенной

Что такое «нарастание нестабильности»?

Это фиксация накопления случайных изменений. Мы этот процесс называем *старением*. Необратимый во времени процесс накопления случайных изменений.

И начинается он здесь, на уровне появления сложных автоматов.

Процесс существования любого сложного автомата с накоплением происходящих с ним случайных изменений, это старение.

Существование с накоплением изменений стало учитывать время.

А потому появилась и разнообразие во времени существования того или иного сложного автомата как материального объекта. Больше или меньше он будет существовать.

Относительно чего?

Правильный вопрос. Относительно того автомата, который уже прекратил свое существование. Остаются существовать наиболее стабильные… или наиболее многочисленные. Вот этот результат мы и видим на линии «подчинения-противостояния» {56}.

Старение — это накопление хаоса, не компенсируемое сегрегацией и не перерабатываемое самосегрегацией {26}.

Скорость старения ξ зависит от выбранной стратегии: максимальна при подчинении, минимальна при взаимодействии *(*благодаря J_{birth}*)*.

Математически: когда

$$J_{in} > J_{out} + \xi, \qquad (8)$$

мера хаоса H необратимо растёт.

Факторы, ускоряющие старение:

- увеличение J_{in} (внешние условия ухудшились);
- уменьшение J_{out} (сегрегация ослабла);
- рост ξ (внутренние необратимые изменения);
- неэффективная самосегрегация — «чужие» элементы не изолируются, а остаются в объёме, разрушая структуру.

Факторы, замедляющие старение:

- эффективная *самосегрегация*, собирающая «чужие» элементы в изолированные кластеры;
- регулярное возникновение *антихаоса* и **СОЦ**, обновляющих структуру {19}.

IV.8. Катастрофа (СОК — самоорганизованная критичность)

Катастрофа — это резкий переход, при котором накопленный хаос разрушает упорядоченную структуру автомата {27}.

Математически: происходит при

$$H > H_{crit}, \qquad (9)$$

где H_{crit} — критическая мера хаоса {28}.

Два пути к катастрофе:

- *глобальный* — общее накопление хаоса во всём объёме;
- *локальный* — рост кластера «чужих» элементов, создавшего зону концентрации напряжений (результат самосегрегации) {27}.

Двойственная роль самосегрегации:

- *предотвращает* катастрофу, изолируя опасные элементы в безопасные кластеры;
- *подготавливает* катастрофу, собирая опасные элементы в одном месте, где они могут инициировать разрушение.

Примеры: землетрясение (накопление напряжений в коре) {57}, взрыв сверхновой (накопление железа в ядре) {58}, разрушение кристалла под нагрузкой {59}, лавина {60}.

IV.9. СОЦ (самоорганизованная целостность)

СОЦ — это рождение нового автомата из хаоса в зоне антихаоса {19}. Механизм, противоположный СОК.

СОЦ — ключевой механизм стратегии взаимодействия, позволяющий использовать поток для самообновления {56}.

Математически:

$$J_{birth} = \nu \cdot p_{anti} \cdot f_{self} \qquad (10)$$

где:

ν — средний выход из зоны антихаоса {61};

p_{anti} — вероятность возникновения антихаоса {14};

f_{self} — фактор усиления за счёт самосегрегации (≥ 1) {18}.

Фактор усиления:

$$f_{self} = 1 + \alpha \cdot \frac{c_{crit}}{c_{cluster}} \qquad (11)$$

где $c_{cluster}$ — концентрация элементов в кластере, c_{crit} — критическая концентрация для антихаоса, α — эмпирический коэффициент.

Примеры: образование атома водорода в плазме {21}, кристаллизация {15}, нуклеосинтез в звезде {58}, гравитационная конденсация в протопланетном диске {16}.

ЧАСТЬ V. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ

Мы прошли долгий путь. Познакомились с потоком случайностей, несущим материю сквозь уровни мироздания. Узнали устройство автоматов – островков порядка, возникающих в этом потоке. Заглянули внутрь них, в бурлящий действующий хаос, дающий им пластичность, память и способность к обновлению. Вооружились набором операциональных понятий – сегрегацией, самосегрегацией, антихаосом, СОЦ, старением и катастрофой. Теперь пришло время подняться на уровень выше и увидеть, как все эти элементы складываются в единую картину. Для этого нам нужны *принципы организации* – общие закономерности, которые связывают разрозненные механизмы в стройную систему и показывают, как устроена материя на всех уровнях – от квантовой пены до галактических скоплений.

Масштабная инвариантность: узоры, повторяющиеся везде

Первый принцип – *масштабная инвариантность*, или самоподобие {62}. Присмотритесь к природе внимательнее. Ветви дерева расходятся подобно тому, как расходятся русла рек. Береговая линия изрезана так же, как горный хребет. Облака, снежинки, листья папоротника – в них угадываются одни и те же узоры, повторяющиеся на разных масштабах. Это не случайное сходство, а глубокое свойство самой материи {63}.

В мире физики масштабная инвариантность проявляется в так называемых степенных распределениях. Распределение землетрясений по энергии

подчиняется закону Гутенберга–Рихтера: крупные катастрофы случаются редко, мелкие – часто, и соотношение между ними описывается простой степенной функцией {57}. Точно так же распределены астероиды по размерам: маленьких камней всегда больше, чем больших, и опять работает та же математика {64}. Галактики распределены по массе тоже по степенному закону {65}. Даже в биологии: количество видов с определённой численностью особей подчиняется сходным закономерностям {66}.

Что это значит? А то, что механизмы самоорганизации работают одинаково на всех уровнях. Микроскопическая флуктуация в кристалле и гравитационный коллапс в галактике подчиняются одним и тем же математическим закономерностям. Природа экономна: она использует ограниченный набор решений, которые просто масштабируются – от нанометра до мегапарсека.

Иерархическая самоорганизация: лестница сложности

Второй принцип – *иерархическая самоорганизация* {67}. Материя не просто однородна, она выстраивается в строгую иерархию уровней. Из кварков складываются адроны. Из адронов – атомные ядра. Из ядер и электронов – атомы. Атомы соединяются в молекулы, молекулы – в кристаллы и полимеры. Из молекул и минералов рождаются планеты. Из газа и пыли – звёзды. Звёзды собираются в галактики, галактики – в скопления. И каждый уровень вложен в следующий, как матрёшка {68}.

Но иерархия эта не статична – это процесс, лестница, по которой материя восходит от простого к сложному. Переход между уровнями всегда происходит через один и тот же механизм, который мы уже подробно разбирали. В хаосе нижнего уровня возникают зоны антихаоса – локальные области, где флуктуации создают условия для упорядочивания. В этих зонах рождаются автоматы следующего уровня (СОЦ). А внутри этих автоматов снова закипает хаос, готовый породить новые структуры.

Так, в первичной плазме Вселенной возникли первые атомы {69}. Из атомов сконденсировались газопылевые облака {70}. В облаках родились звёзды {71}. Звёзды, взрываясь, разбросали тяжёлые элементы, из которых сложились планеты {58}. На одной из планет, в тёплом мелком океане, из органических молекул собрались первые протоклетки {22}. Каждый шаг – это СОЦ, каждый раз хаос предыдущего уровня становится строительным материалом для порядка следующего.

Принцип антихаоса: искра в темноте

Третий принцип посвящён самому интригующему явлению – *антихаосу* {14}. Вдумайтесь: как из беспорядка может родиться порядок? Как из хаотического движения молекул возникает кристалл? Как из бесформенного газопылевого облака рождается звезда? Интуиция подсказывает, что для этого нужен какой-то зародыш, точка опоры. И она права.

Упорядоченные структуры не могут возникнуть прямо из полностью однородного хаоса. Им нужна затравка – локальная зона, где случайная флуктуация временно создала условия для упорядочивания. Это и есть антихаос. Он может родиться двумя путями.

Первый путь – спонтанный. В любом хаосе постоянно происходят флуктуации плотности, энергии, температуры. Большинство из них ничтожны и быстро исчезают. Но иногда, крайне редко, возникает крупная флуктуация, которая создаёт область с пониженной энтропией. В этой области законы физики начинают работать иначе, и может запуститься процесс самоорганизации {17}.

Второй путь – индуцированный. Когда в результате самосегрегации «свои» элементы собираются вместе, они создают локальную область с повышенной концентрацией. В такой области вероятность возникновения антихаоса резко возрастает. Самосегрегация как бы готовит почву, на которой антихаосу легче прорасти {18}.

Без антихаоса невозможно рождение нового. Он – необходимое звено между хаосом и порядком, искра, зажигающая пламя творения. Центр кристаллизации в растворе, локальное сгущение в протопланетном диске, липидный рафт в клеточной мембране – всё это примеры антихаоса, мест, где будущее высекается из настоящего.

Принцип двойной фильтрации: две линии обороны

И наконец, четвёртый принцип – *двойной фильтрации* {72}. Устойчивость любого автомата требует двух линий обороны, двух уровней защиты от разрушительного действия хаоса.

Первая линия – внешняя сегрегация на границе. Это первая «таможня», которая встречает поток случайностей. Она отсеивает опасные элементы, не пуская их внутрь, и пропускает только те, что признаны «своими». Без этой линии автомат был бы открыт всем ветрам и погиб бы мгновенно {1}.

Но одной внешней защиты недостаточно. Даже самые лучшие пограничники иногда ошибаются, да и не всё опасное можно распознать сразу. Какие-то вредные элементы проникают внутрь. Здесь вступает в действие вторая линия – внутренняя самосегрегация. Она перерабатывает уже допущенный материал, изолирует вредные включения в безопасные кластеры, создаёт зоны антихаоса, где может родиться новое взамен старого {9}.

Сегрегация без самосегрегации ведёт к хаотическому перемешиванию внутри. Представьте город, куда пускают только хороших людей, но внутри никто не следит за порядком – бардак неизбежен. Самосегрегация без сегрегации невозможна, потому что не будет материала – весь хаос останется снаружи. Только вместе они обеспечивают долгую жизнь и возможность развития.

Единство принципов

Эти четыре принципа – масштабная инвариантность, иерархическая самоорганизация, антихаос и двойная фильтрация – не существуют изолированно. Они работают сообща, поддерживая друг друга. Масштабная инвариантность гарантирует, что одни и те же механизмы действуют на всех уровнях. Иерархическая самоорганизация выстраивает эти уровни в лестницу сложности. Антихаос даёт искру, запускающую переход между уровнями. Двойная фильтрация обеспечивает устойчивость каждого автомата, позволяя ему дожить до момента, когда он сможет породить новое.

Это не жёсткие законы вроде законов Ньютона, а эмпирические обобщения, многократно подтверждённые наблюдениями. Они задают рамки, в которых работают все конкретные механизмы ППС, и помогают нам видеть за бесконечным разнообразием явлений единую, внутренне согласованную логику природы. С этими принципами в руках мы можем смело двигаться дальше – к изучению циклов, стратегий и отбора, которые определяют судьбу каждого автомата в вечном потоке случайностей.

V.1. Масштабная инвариантность (самоподобие)

Масштабная инвариантность — это фундаментальное свойство природы, при котором одни и те же закономерности управляют процессами на всех уровнях размерности: от квантовых флуктуаций до крупномасштабной структуры Вселенной {62}. В контексте ППС это проявляется в том, что механизмы рождения, взаимодействия и разрушения автоматов качественно одинаковы на всех уровнях иерархии {63}.

Математически масштабная инвариантность выражается в степенных распределениях:

$$P(L) \sim L^{-\alpha} \qquad (12)$$

где $P(L)$ — вероятность события размера L (например, энергия землетрясения, размер астероида, масса галактики), а α — критический показатель, обычно лежащий в пределах от 1 до 3 {73}.

Подтверждения в разных областях:

Геофизика: закон Гутенберга–Рихтера для землетрясений($\log N = a - bM$) {57}.

Астрономия: распределение астероидов по размерам ($N(>D) \sim D^{-2}$) {64}.

Космология: распределение галактик по массе {65}.

Физика конденсированного состояния: распределение размеров доменов, кластеров примесей {74}.

Теория сложности: распределение размеров лавин в моделях самоорганизованной критичности {60}.

Связь с самосегрегацией: Самосегрегация, как процесс фазового разделения, также демонстрирует масштабную инвариантность: размеры образующихся кластеров подчиняются степенным законам вблизи критических точек {75}. Это подтверждает универсальность принципа.

V.2. Иерархическая самоорганизация

Материя организована иерархически {67}. Переход между уровнями происходит через механизм СОЦ, при этом каждый уровень использует системный хаос предыдущего и порождает новый хаос для следующего {68}.

Полная схема перехода между уровнями:

1. На нижележащем уровне существует **действующий хаос** — множество элементов, находящихся в беспорядочном движении и взаимодействии {76}..
2. *Сегрегация* на границах автоматов этого уровня формирует *системный хаос* — набор разрешённых типов элементов, допущенных внутрь {8}.
3. Внутри автоматов происходит *самосегрегация*, создающая локальные зоны повышенной упорядоченности — зародыши будущих структур {9}.
4. В этих зонах (антихаос) с некоторой вероятностью происходит *СОЦ* — рождение нового автомата, принадлежащего уже следующему уровню иерархии {19}.
5. Новорождённый автомат попадает под действие потока случайностей, обретает собственную **сегрегацию** на границе и собственный внутренний хаос, в котором могут возникать новые зоны антихаоса.

Цикл повторяется на новом уровне.

Таким образом, иерархическая самоорганизация — это последовательное восхождение от хаоса к порядку через серию вложенных СОЦ, причём каждый шаг опирается на предшествующие процессы сегрегации и самосегрегации {77}.

V.3. Принцип антихаоса

Антихаос — это локальное, кратковременное состояние внутри действующего хаоса, где флуктуации плотности, энергии или иных параметров создают условия для доминирования упорядочивающих взаимодействий {14}.

Этот принцип утверждает, что упорядоченные структуры (автоматы) не могут возникнуть непосредственно из полностью однородного хаоса. Для их рождения необходимо наличие **зародышей порядка** — зон антихаоса, где случайные флуктуации временно понижают локальную энтропию и позволяют сформироваться устойчивым связям {78}.

Два пути возникновения антихаоса:

Спонтанный — за счёт крупных флуктуаций в равновесном или неравновесном хаосе {17}. Вероятность такого события мала, но в больших системах она всегда ненулевая.

Индуцированный — как результат самосегрегации {18}. Когда в результате диффузии или направленного переноса «свои» элементы собираются вместе, они создают локальную область с пониженной энтропией и повышенной концентрацией, что резко увеличивает вероятность СОЦ.

Математически вероятность антихаоса можно представить как сумму двух вкладов:

$$p_{anti} = p_{spont} + p_{induced}(c_{cluster}) \qquad (13)$$

где $p_{induced}$ растёт с концентрацией элементов в кластере, а вблизи критической точки фазового перехода может достигать единицы {79}.

V.4. Принцип двойной фильтрации

Устойчивое существование автомата обеспечивается двумя последовательными механизмами фильтрации {72}:

Внешняя сегрегация на границе — отсеивает неподходящий материал из внешнего потока, формируя системный хаос {1}. Этот механизм предотвращает проникновение опасных элементов и регулирует поступление ресурсов.

Внутренняя самосегрегация в объёме — упорядочивает допущенный материал, создавая зоны антихаоса и подготавливая условия для СОЦ {9}. Этот механизм перераспределяет внутренний хаос, изолирует вредные включения и способствует рождению новых структур.

Обоснование необходимости обоих механизмов:

Сегрегация без самосегрегации приводит к хаотическому перемешиванию «своих» элементов внутри автомата, что снижает потенциал для СОЦ и ускоряет старение (поскольку «чужие» элементы не изолируются).

Самосегрегация без сегрегации невозможна, так как не будет материала для работы — весь хаос останется внешним и не попадёт внутрь автомата.

Условия устойчивости автомата объединяют оба критерия:

$$Fr \geq 1 \text{ и } \tau_{self} \leq \tau_{crit} \qquad (14)$$

Первое неравенство (число дружественности) гарантирует, что внешняя сегрегация справляется с потоком; второе — что внутренняя самосегрегация

успевает перерабатывать накапливающийся хаос до того, как он достигнет критических размеров {80}.

Следствие: Автомат может погибнуть двумя способами:

- *от внешней перегрузки* ($Fr<1$) — не справляется сегрегация, хаос накапливается быстрее, чем удаляется;
- *от внутренней дезорганизации* ($\tau_{self}>\tau_{crit}$) — самосегрегация неэффективна, опасные кластеры растут и инициируют катастрофу {27}.

Этот принцип подчёркивает двойственность защиты автомата: нужен не только «входной фильтр», но и «внутренняя уборка».

ЧАСТЬ VI. ЦИКЛ ХАОСА

Философия уже не одно тысячелетие опирается на историю возникновения нашего Мира, как Порядка из первичного Хаоса {81}. Но философская мысль есть, а физической основы для неё нет.

Чтобы такая основа была, в своей работе {82} я ввел обобщенный элемент, обратный по действию *самоорганизованной критичности* (СОК), и назвал его *самоорганизованной целостностью (СОЦ)* {19}.

В то же время, в практическом движении «от хаоса в порядок» не хватало места в объеме хаоса, где такой переход возможен. Места образования особого начального состояния хаоса - зоны высокой упорядоченности. А.С.Дмитриев {14} указал на такое состояние некоторых локальных зон хаоса и назвал их зонами «антихаоса».

И, конечно же, есть цепочка перехода любого сложного объекта в хаос. Мы называем этот процесс старением {26}.

Теперь у нас есть ветвь восхождения от хаоса к возникновению объекта и обратная ветвь перехода целого объекта в хаос. У нас возникли два противоположных перехода с образованием обязательных для этого обобщенных элементов.

- Образование *самоорганизующейся критичности* в составе упорядоченного множества, способное перевести его через *катастрофу* в состояние хаотичности {27}.
- Наличие *зоны «антихаоса»* с образованием в ней *самоорганизующейся целостности* из хаоса частей {19}.

Как мы видим, эти образования находятся на пути между разными уровнями хаоса, только на разных полосах движения.

Среда чаще всего оказывается дружественной или нейтральной ко всему множеству объектов данной целостности {23}. Так происходит, потому, что объекты, для которых среда враждебна, очень быстро закончат свое существование и в объеме среды останутся только те объекты, к которым она нейтральная и дружественная. Если приложить влияние среды к процессам образования самоорганизующихся критичности и целостности, то окажется, что в их образовании участвуют разные среды по отношению к рассматриваемому нами множеству элементов. Зависимость вполне видимая.

Сведем в картинку то, что мы узнали…

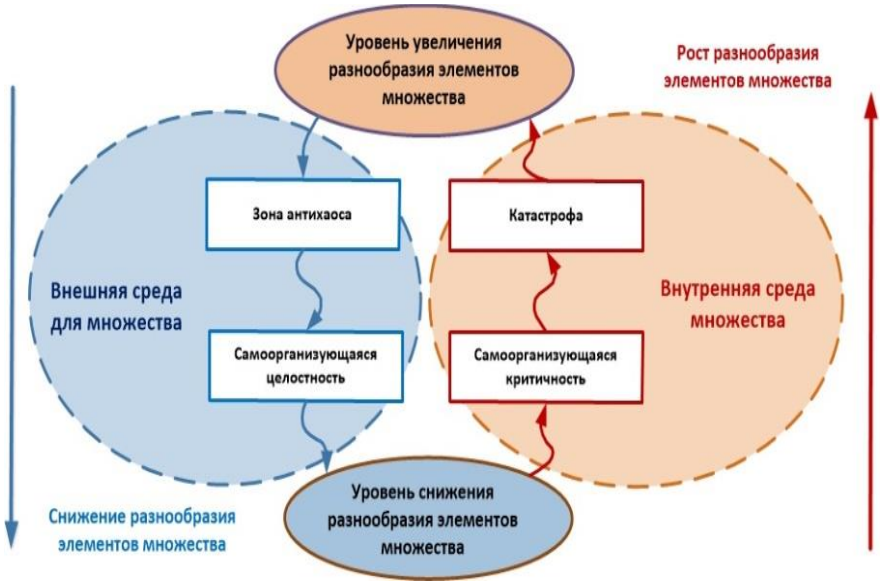


Рис.11. Влияние сред на процессы увеличения и уменьшения разнообразия элементов множества.

Самое поразительное в этой картинке то, что и множества тут показаны разные. Точнее «синяя» часть - одно множество, а «красная» - другое. При этом система, образованная из этого множества одна и та же.

Вот самый простой пример:

«Синяя» часть: Зима является зоной антихаоса для воды в атмосфере. Вода кристаллизуется в *снежинки* и выпадает на землю снегом. Мы видим самоорганизующуюся целостность – *снежный покров из множества снежинок*. Вода, которая была в атмосфере в виде пара и тумана облаков создала вполне высокоупорядоченную структуру снежинок и их множества – *снежного покрова*.

«Красная» часть: Пришла весна, и стал действовать фактор, создающий самоорганизующуюся критичность. Солнце стало греть сильнее. Это разрушает *снежный покров* и постепенно превращает составляющие его *снежинки* в менее организованную структуру - *воду*. В какой-то момент таяние снегов становится быстрым и вода, не успевая впитываться в землю и испаряться, стекает ручейками в реки, переполняя их. Эта ежегодная «катастрофа» имеет вполне конкретное название – половодье.

Снег исчез, вода ушла в реки и в почву, а потом часть её испарилась в атмосферу паром и туманом. Круг замкнулся.

Таким образом, «красную» и «синюю» части процесса соединяет появляющийся и исчезающий общий объект «порядка», как система – «снежинка».

Но в одном случае «снежинка», это создающийся объект нового множества «снежный покров», а в другом – начальная структура «порядка», разрушающаяся до молекул воды.

В ППС необходимо различать два взаимосвязанных, но разных цикла:

Глобальный круговорот материи – переход материи из состояния хаоса в состояние автомата (через СОЦ) и обратно (через СОК) {83}. Этот цикл описывает вечное движение вещества между неупорядоченными и упорядоченными формами.

Жизненный цикл отдельного автомата – последовательность фаз, которые проходит конкретный автомат от момента своего рождения (СОЦ) до разрушения (СОК): рост, стабилизация, старение, катастрофа{84}. Этот цикл описывается динамикой меры хаоса $H(t)$ внутри автомата.

Глобальный цикл создаёт контекст, в котором существуют автоматы; жизненный цикл определяет судьбу каждого из них. Далее мы сначала рассмотрим глобальный круговорот (VI.1), а затем перейдём к детальному анализу жизненного цикла автомата (VI.2–VI.6).

VI.1. Глобальный круговорот материи

В основе ППС лежит представление о вечном движении материи между двумя качественно различными состояниями: **хаосом** (неупорядоченная среда, поток случайностей) и *автоматами* (упорядоченные структуры, обрабатывающие поток) {83}. Переходы между ними осуществляются двумя фундаментальными процессами:

СОЦ (самоорганизованная целостность) – рождение автомата из хаоса в зоне антихаоса {19}. Хаос, существовавший до этого момента (обозначим его как Хаос1), частично преобразуется в новый автомат, а остаток может остаться в виде окружающей среды.

СОК (самоорганизованная критичность) – разрушение автомата при накоплении внутреннего хаоса выше критического уровня H_{crit} {27}. Автомат распадается, и его материал возвращается в состояние хаоса (Хаос2).

Таким образом, глобальный цикл можно записать как:

Хаос1→СОЦ→Автомат→(жизненный цикл) →СОК→Хаос2

Здесь Хаос1 и Хаос2 – это разные «порции» материи, которые могут смешиваться с общим потоком. Глобальный цикл не имеет ни начала, ни конца; он обеспечивает постоянное перераспределение вещества между упорядоченными и неупорядоченными формами. Именно в этом смысле «река течёт вечно».

После рождения автомата начинается его индивидуальный жизненный цикл, который мы рассмотрим ниже.

VI.2. Жизненный цикл автомата.

В общем случае любой объект Вселенной проходит свой цикл существования. От рождения до конца существования {84}.

Примерно так:

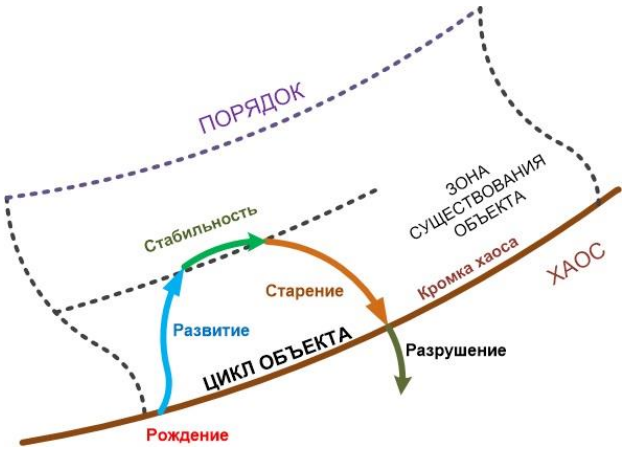


Рис.12. Цикл существования объекта.

Сегодня примерно на такой формат существования объекта вышла теория СОК {27}. Почему примерно? Об этой стороне выводов теории говорил только С.Обухов {85}, да и то, только в понимании скатывания песчинок с вершины «песчаной кучи», как области порядка к основанию в «область хаоса». Расширенное понимание было сделано потом, уже в других работах других исследователей.

Цикл существования любого объекта во Вселенной развивает понимание цикла хаоса, показанного ранее. Рождение любого объекта происходит в дружественной внешней для него среде области антихаоса как самоорганизованной целостности {19}. Потом эта целостность проходит через фильтр стабилизирующего естественного отбора {86}, постепенно обретая зрелость. Но поток случайностей уже начинает процесс старения объекта, постепенно увеличивая хаотичность структуры его частей и внутренней среды. В какой-то момент хаотичность приходит к пределу $S_{крит}$ и объект попадает с точку бифуркации {36}. Теперь любая очередная случайность может вызывать самопроизвольное начало катастрофы разрушения объекта и прекращения его существования, как срыв с кромки существования в хаос низшего уровня размерности {87}. Части объекта самоорганизуются в составе локальности этого хаоса. Вот где-то здесь завершился и цикл хаоса для множества элементов множества, составлявших некогда существовавший объект.

VI.2.1.уравнение баланса хаоса

Судьба отдельного автомата описывается изменением во времени его внутренней меры хаоса $H(t)$. Основное уравнение уже было введено в части 2 тома 1 (8) и повторено здесь:

$$dH/dt = J_{in} - J_{out} - \xi + J_{birth} \qquad (15)$$

где:

H — мера хаоса внутри автомата;

J_{in} — поступление хаоса из внешнего потока;

J_{out} — удаление хаоса за счёт сегрегации;

ξ — скорость необратимого старения;

J_{birth} — рождение нового порядка (СОЦ), уменьшающее хаос {88}.

Это уравнение – ключ к пониманию всех фаз жизненного цикла.

VI.2.2. Детализация членов

Каждый член уравнения теперь может быть выражен через микроскопические параметры, введённые ранее:

Поступление хаоса J_{in} определяется плотностью потока случайностей и эффективностью его проникновения через границу {89}.

Удаление хаоса J_{out} задаётся уравнением сегрегации (1):

$$J_{out} = S \cdot v_{seg} \cdot \rho_{boundary} \cdot \eta \qquad (16)$$

Скорость старения ξ зависит от эффективности самосегрегации (см. ниже).

Рождение порядка J_{birth} выражается через антихаос и самосегрегацию (38):

$$J_{birth} = v \cdot p_{anti} \cdot f_{self} \qquad (17)$$

где f_{self} — фактор усиления, зависящий от концентрации кластеров (11).

VI.2.3. Связь самосегрегации со старением

Эффективная самосегрегация замедляет старение, изолируя вредные включения {90}. Это можно учесть введением зависимости ξ от параметра самосегрегации:

$$\xi=\xi_0(1-\beta\cdot\tau_{self}\tau_{crit}) \qquad (18)$$

где ξ_0 — скорость старения в отсутствие самосегрегации,

β — эффективность изоляции ($0\leq\beta\leq1$), τ_{self} — характерное время самосегрегации, τ_{crit} — критическое время накопления опасных флуктуаций {25}.

VI.2.4. Критический параметр самосегрегации

Для оценки режима самосегрегации автомата в п.IV.6. введено безразмерное число самосегрегации (6):

$$s = \frac{\tau_{crit}}{\tau_{self}} \cdot \frac{c_{claster}}{c_{crit}} \qquad (19)$$

Там же есть критические параметры: $s<1$, $1\leq s\leq s_{crit}$, $s>s_{crit}$

Далее...

В зависимости от соотношения величин членов уравнения (15) автомат проходит через различные фазы.

- Фаза стабильности соответствует стратегии противостояния {56};
- фаза СОЦ — стратегии взаимодействия {56};
- фаза старения/катастрофы может завершать любую стратегию, но быстрее всего — подчинение {56}.

VI.3. Фазы жизненного цикла

В зависимости от соотношения членов уравнения (15) автомат проходит через следующие фазы {84}:

VI.3.1. Фаза роста / старения

$$J_{in}>J_{out}+\xi \qquad (20)$$

Хаос накапливается, H растёт.

Сегрегация не справляется с потоком ($Fr<1$), либо самосегрегация неэффективна ($\tau_{self}>\tau_{crit}$).

Если процесс не остановить, он ведёт к катастрофе.

VI.3.2. Фаза стабильности

$$J_{in}\approx J_{out}+\xi \qquad (21)$$

Хаос колеблется около среднего значения.

Дружественная среда ($Fr\approx1$, $\tau_{self}\approx\tau_{crit}$).

Автомат может существовать неограниченно долго в статистическом смысле.

VI.3.3. Фаза СОЦ (рождение порядка)

$$J_{birth}\gg J_{in}-J_{out}-\xi \qquad (22)$$

В зонах антихаоса, созданных самосегрегацией, рождаются новые структуры.

Мера хаоса H резко уменьшается.

Появляются новые автоматы — внутри исходного или отделяясь от него.

VI.3.4. Фаза СОК (катастрофа)

$$H > H_{crit} \qquad (23)$$

Автомат разрушается, его материал возвращается в поток.

Катастрофа может быть глобальной (весь автомат) или локальной (разрушение части, ведущее к потере целостности).

VI.3.5.Переходы между фазами:

Стабильность → СОЦ: при эффективной самосегрегации, создающей зоны антихаоса.

Стабильность → Старение: при ослаблении сегрегации (уменьшении Fr) или ухудшении самосегрегации (росте τ_{self}).

Старение → СОК: при достижении $H>H_{crit}$.

СОЦ → Стабильность: после рождения нового автомата параметры возвращаются к равновесию.

VI.4. Роль самосегрегации в жизненном цикле

Самосегрегация играет двойственную роль:

VI.4.1. Положительная роль

- *Подготовка СОЦ:* собирая «свои» элементы в кластеры, самосегрегация создаёт зоны антихаоса, необходимые для рождения новых структур {18}.
- *Замедление старения:* изолируя «чужие» элементы в безопасные кластеры, самосегрегация предотвращает их разрушительное воздействие.
- *Повышение устойчивости:* перераспределяя хаос, она сглаживает опасные флуктуации.

VI.4.2. Отрицательная роль

- *Подготовка катастрофы:* собирая «чужие» элементы в одном месте, самосегрегация может создавать критические кластеры, инициирующие разрушение {27}.
- *Усиление неоднородностей:* в некоторых режимах (например, при спинодальном распаде) она ведёт к полному разделению фаз, что для многих автоматов означает потерю целостности {30}.

VI.4.3. Критический параметр самосегрегации

Математическая модель самосегрегации сформулирована ранее в IV.2. на основе уравнения Кана-Хиллиарда {32}. Напомним формулу (19):

$$s = \frac{\tau_{crit}}{\tau_{self}} \cdot \frac{c_{claster}}{c_{crit}}$$

- $s<1$ – самосегрегация недостаточна, хаос накапливается, старение ускоряется.
- $1 \le s \le s_{crit}$ – оптимальный режим, стабилизация и подготовка СОЦ.
- $s>s_{crit}$ – самосегрегация создаёт опасные кластеры, приближая катастрофу.

VI.5. Фундаментальная непредсказуемость момента катастрофы

Момент катастрофы принципиально невычислим, поскольку он определяется совпадением микроскопической флуктуации с макроскопической уязвимостью {27}. Самосегрегация может создавать **скрытые критические зоны** – кластеры «чужих» элементов, микротрещины, зоны концентрации напряжений, которые:

- не видны на макроуровне;
- могут долго оставаться стабильными;
- в любой момент могут инициировать разрушение под действием малой флуктуации.

Следствие: даже при видимой стабильности (фаза стабильности) внутри автомата может зреть скрытая катастрофа, подготовленная самосегрегацией {91}. Это не недостаток теории, а отражение фундаментальной открытости будущего.

VI.6. Примеры жизненного цикла с учётом обоих механизмов

Пример 1: Кристалл в расплаве {92}

Рост. На границе кристалла с расплавом действует сегрегация: поверхность отбирает «свои» атомы с подходящим размером и зарядом, встраивая их в решётку, а примеси отторгает {5}. Однако некоторые примеси всё же попадают внутрь. Там начинается самосегрегация: диффундируя по кристаллу, они собираются в мелкие кластеры {12}.

Стабильность. Когда кристалл достигает равновесия с расплавом, $Fr \approx 1$. Самосегрегация поддерживает кластеры примесей в стабильном состоянии – они не растут и не растворяются.

СОЦ. В некоторых кластерах примесей концентрация достигает критического значения, создавая зону антихаоса. В этих условиях может зародиться новая фаза – например, включение другой кристаллической модификации или химического соединения {93}. Так рождается новый автомат внутри старого.

Старение. Со временем поверхность кристалла изнашивается, накапливаются дефекты, сегрегация ослабевает. Всё больше примесей проникает внутрь, кластеры начинают расти. Некоторые из них достигают размеров, при которых возникают механические напряжения.

СОК. Когда кластер примесей становится критическим, он инициирует микротрещину {59}. Трещина лавинообразно распространяется, и кристалл разрушается, возвращаясь в расплав в виде обломков.

Пример 2: Звезда {94}

Рост. Гравитация звезды захватывает межзвёздный газ (сегрегация по массе). Внутри звезды начинается самосегрегация – гравитационная дифференциация: тяжёлые элементы (железо, кремний) опускаются к центру, лёгкие (водород, гелий) остаются в оболочке {95}.

Стабильность. На главной последовательности устанавливается баланс между гравитационным сжатием и давлением излучения ($Fr \approx 1$) {96}. Самосегрегация создаёт слоистую структуру.

СОЦ. В ядре накапливаются тяжёлые элементы, достигаются условия для термоядерных реакций {21}. Начинается синтез гелия из водорода, затем углерода и т.д. – рождаются новые атомные ядра, новые автоматы {58}.

Старение. Запасы водорода в ядре истощаются, звезда покидает главную последовательность. Сегрегация ослабевает: звёздный ветер уносит вещество, масса теряется. В ядре продолжает накапливаться железо.

СОК. Железное ядро достигает критической массы (предел Чандрасекара) {97}. Гравитация побеждает давление вырожденного газа, происходит коллапс, за которым следует взрыв сверхновой {98}. Звезда разрушается, разбрасывая тяжёлые элементы в пространство – материал для новых автоматов.

Эти примеры показывают, как сегрегация и самосегрегация совместно определяют жизненный цикл автомата – от рождения до гибели. После гибели материал возвращается в глобальный хаос, и цикл может начаться заново.

БИБЛИОГРАФИЯ К ТОМУ 2

1. Ashby W.R. Design for a brain: The origin of adaptive behaviour. — 2nd ed. — London: Chapman & Hall, 1960. — 286 p.
2. Turing A.M. The chemical basis of morphogenesis // Philosophical Transactions of the Royal Society B. — 1952. — Vol. 237, № 641. — P. 37–72.
3. Alberts B. et al. Molecular biology of the cell. — 6th ed. — New York: Garland Science, 2014. — 1464 p.
4. Zahnle K.J. Atmospheric chemistry of Titan // Journal of Geophysical Research. — 1986. — Vol. 91, № A4. — P. 4279–4287.
5. Chernov A.A. Modern crystallography III: Crystal growth. — Berlin: Springer, 1984. — 517 p.
6. Janeway C.A. et al. Immunobiology: The immune system in health and disease. — 5th ed. — New York: Garland Science, 2001. — 732 p.
7. Sornette D. Critical phenomena in natural sciences: Chaos, fractals, selforganization and disorder. — 2nd ed. — Berlin: Springer, 2004. — 528 p.
8. Kauffman S.A. The origins of order: Self-organization and selection in evolution. — Oxford University Press, 1993. — 734 p.
9. Glansdorff P., Prigogine I. Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations. — London: Wiley-Interscience, 1971. — 306 p.
10. Callen H.B. Thermodynamics and an introduction to thermostatistics. — 2nd ed. — New York: Wiley, 1985. — 493 p.
11. Safran S.A. Statistical thermodynamics of surfaces, interfaces, and membranes. — Reading: Addison-Wesley, 1994. — 288 p.
12. Christian J.W. The theory of transformations in metals and alloys. — 3rd ed. — Oxford: Pergamon Press, 2002. — 1216 p.
13. Simons K., Ikonen E. Functional rafts in cell membranes // Nature. — 1997. — Vol. 387, № 6633. — P. 569–572.
14. Дмитриев А.С. Детерминированный хаос и информационные технологии // Информационные технологии. — 2004. — № 2. — С. 2–12.
15. Kelton K.F., Greer A.L. Nucleation in condensed matter: Applications in materials and biology. — Oxford: Pergamon Press, 2010. — 744 p.
16. Safronov V.S. Evolution of the protoplanetary cloud and formation of the Earth and planets. — Moscow: Nauka, 1969. — 244 p.

17. Landau L.D., Lifshitz E.M. Statistical physics. Part 1. — 3rd ed. — Oxford: Pergamon Press, 1980. — 544 p.
18. Chaikin P.M., Lubensky T.C. Principles of condensed matter physics. — Cambridge University Press, 1995. — 699 p.
19. Nicolis G., Prigogine I. Self-organization in nonequilibrium systems: From dissipative structures to order through fluctuations. — New York: Wiley, 1977. — 491 p.
20. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. — М.: Наука, 1984. — 304 с.
21. Burbidge E.M., Burbidge G.R., Fowler W.A., Hoyle F. Synthesis of the elements in stars // Reviews of Modern Physics. — 1957. — Vol. 29, № 4. — P. 547–650.
22. Deamer D.W., Dworkin J.P., Sandford S.A. et al. The first cell membranes // Astrobiology. — 2002. — Vol. 2, № 4. — P. 371–381.
23. Eigen M., Schuster P. The hypercycle: A principle of natural self-organization. — Berlin: Springer, 1979. — 92 p.
24. May R.M. Stability and complexity in model ecosystems. — Princeton University Press, 1973. — 235 p.
25. Nicolis G., Prigogine I. Exploring complexity: An introduction. — New York: W.H. Freeman, 1989. — 313 p.
26. Strehler B.L. Time, cells, and aging. — New York: Academic Press, 1962. — 270 p.
27. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized criticality: An explanation of 1/f noise // Physical Review Letters. — 1987. — Vol. 59, № 4. — P. 381–384.
28. Bak P. How nature works: The science of self-organized criticality. — New York: Copernicus, 1996. — 212 p.
29. Glicksman M.E. Principles of solidification: An introduction to modern casting and crystal growth. — New York: Springer, 2011. — 520 p.
30. Cahn J.W., Hilliard J.E. Free energy of a nonuniform system. I. Interfacial free energy // Journal of Chemical Physics. — 1958. — Vol. 28, № 2. — P. 258–267.
31. Gibbs J.W. On the equilibrium of heterogeneous substances // Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences. — 1876–1878. — Vol. 3. — P. 108–248, 343–524.
32. Bray A.J. Theory of phase-ordering kinetics // Advances in Physics. — 1994. — Vol. 43, № 3. — P. 357–459.
33. Field G.B., Goldsmith D.W., Habing H.J. Cosmic gas dynamics // Annual Review of Astronomy and Astrophysics. — 1969. — Vol. 7. — P. 209–250.
34. Lorenz E.N. Deterministic nonperiodic flow // Journal of the Atmospheric Sciences. — 1963. — Vol. 20, № 2. — P. 130–141.
35. Ott E. Chaos in dynamical systems. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2002. — 478 p.
36. Thom R. Stabilité structurelle et morphogénèse: Essai d'une théorie générale des modèles. — Paris: InterÉditions, 1972. — 362 p.
37. Колмогоров А.Н. О решении одной биологической задачи // Известия НИИ математики и механики при Томском университете. — 1937. — Т. 2, № 1. — С. 7–12.
38. Pauling L. The nature of the chemical bond and the structure of molecules and crystals. — 3rd ed. — Ithaca: Cornell University Press, 1960. — 644 p.

39. Sagan C. The cosmic connection: An extraterrestrial perspective. — New York: Doubleday, 1973. — 274 p.
40. Савельев С.В. Происхождение мозга. — М.: Веди, 2005. — 368 с.
41. Watson J.D., Crick F.H.C. Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid // Nature. — 1953. — Vol. 171, № 4356. — P. 737–738.
42. Anfinsen C.B. Principles that govern the folding of protein chains // Science. — 1973. — Vol. 181, № 4096. — P. 223–230.
43. Mendeleev D.I. The principles of chemistry. — London: Collier, 1901. — 603 p.
44. Bagnold R.A. The physics of blown sand and desert dunes. — London: Methuen, 1941. — 265 p.
45. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal. — 1948. — Vol. 27, № 3–4. — P. 379–423, 623–656.
46. Morrison R.T., Boyd R.N. Organic chemistry. — 6th ed. — Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992. — 1278 p.
47. Branden C., Tooze J. Introduction to protein structure. — 2nd ed. — New York: Garland Science, 1999. — 410 p.
48. Darwin C. On the origin of species by means of natural selection. — London: John Murray, 1859. — 502 p.
49. Crick F. Central dogma of molecular biology // Nature. — 1970. — Vol. 227, № 5258. — P. 561–563.
50. {50} Kruger K., Grabowski P.J., Zaug A.J. et al. Self-splicing RNA: Autoexcision and autocyclization of the ribosomal RNA intervening sequence of Tetrahymena // Cell. — 1982. — Vol. 31, № 1. — P. 147–157.
51. Watson J.D., Baker T.A., Bell S.P. et al. Molecular biology of the gene. — 7th ed. — Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2013. — 912 p.
52. Gilbert W. Origin of life: The RNA world // Nature. — 1986. — Vol. 319, № 6055. — P. 618.
53. Volkenstein M.V. Physical approaches to biological evolution. — Berlin: Springer, 1994. — 399 p.
54. Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature. — New York: W.H. Freeman, 1982. — 468 p.
55. Wheeler J.A. Geons, black holes, and quantum foam: A life in physics. — New York: W.W. Norton, 1998. — 380 p.
56. Mayr E. The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance. — Cambridge: Harvard University Press, 1982. — 974 p.
57. Gutenberg B., Richter C.F. Frequency of earthquakes in California // Bulletin of the Seismological Society of America. — 1944. — Vol. 34, № 4. — P. 185–188.
58. Woosley S.E., Heger A., Weaver T.A. The evolution and explosion of massive stars // Reviews of Modern Physics. — 2002. — Vol. 74, № 4. — P. 1015–1071.
59. Lawn B.R. Fracture of brittle solids. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 1993. — 378 p.
60. Per Bak. How nature works: The science of self-organized criticality. — New York: Copernicus, 1996. — 212 p.
61. Хакен Г. Синергетика. — М.: Мир, 1980. — 404 с.
62. {62} Barenblatt G.I. Scaling, self-similarity, and intermediate asymptotics. — Cambridge University Press, 1996. — 386 p.

63. Mandelbrot B.B. Fractals and scaling in finance: Discontinuity, concentration, risk. — New York: Springer, 1997. — 562 p.
64. Dohnanyi J.S. Collisional model of asteroids and their debris // Journal of Geophysical Research. — 1969. — Vol. 74, № 10. — P. 2531–2554.
65. Press W.H., Schechter P. Formation of galaxies and clusters of galaxies by self-similar gravitational condensation // Astrophysical Journal. — 1974. — Vol. 187. — P. 425–438.
66. Hubbell S.P. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. — Princeton University Press, 2001. — 375 p.
67. Simon H.A. The architecture of complexity // Proceedings of the American Philosophical Society. — 1962. — Vol. 106, № 6. — P. 467–482.
68. Pattee H.H. Hierarchy theory: The challenge of complex systems. — New York: Braziller, 1973. — 156 p.
69. Peebles P.J.E. Principles of physical cosmology. — Princeton University Press, 1993. — 718 p.
70. Larson R.B. The physics of star formation // Reports on Progress in Physics. — 2003. — Vol. 66, № 10. — P. 1651–1697.
71. Shu F.H., Adams F.C., Lizano S. Star formation in molecular clouds: Observation and theory // Annual Review of Astronomy and Astrophysics. — 1987. — Vol. 25. — P. 23–81.
72. Foerster H. von. Cybernetics of cybernetics. — Urbana: University of Illinois, 1974. — 267 p.
73. Stanley H.E. Introduction to phase transitions and critical phenomena. — Oxford University Press, 1971. — 336 p.
74. Fisher D.S., Huse D.A. Nonequilibrium dynamics of spin glasses // Physical Review B. — 1988. — Vol. 38, № 1. — P. 373–385.
75. Gunton J.D., San Miguel M., Sahni P.S. The dynamics of first-order phase transitions // Phase Transitions and Critical Phenomena. — 1983. — Vol. 8. — P. 267–466.
76. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Часть 1. — М.: Наука, 1976. — 584 с.
77. Haken H. Synergetics: An introduction. — 3rd ed. — Berlin: Springer, 1983. — 371 p.
78. Zurek W.H. Cosmological experiments in condensed matter systems // Physics Reports. — 1996. — Vol. 276, № 4. — P. 177–221.
79. Binder K. Theory of first-order phase transitions // Reports on Progress in Physics. — 1987. — Vol. 50, № 7. — P. 783–859.
80. Haken H. Advanced synergetics: Instability hierarchies of self-organizing systems and devices. — Berlin: Springer, 1983. — 356 p.
81. Hesiod. Theogony. — 8th century BCE.
82. Никитин А.В. Общая логика. Этапы развития жизни на Земле. Часть 4 // «Академия Тринитаризма». — 2016. — Эл № 77-6567, публ. 22400.
83. Никитин А.В. Вселенная автоматов // «Академия Тринитаризма». — 2020. — Эл № 77-6567, публ. 26639.
84. Никитин А.В. Хаос, случайность, неопределенность и эволюция // «Академия Тринитаризма». — 2019. — Эл № 77-6567, публ. 25945.
85. Обухов С.П. Самоорганизующаяся критичность: режимы Голдстоуна и их взаимодействия // Письма в ЖЭТФ. — 1998. — Т. 68, № 7. — С. 545–550.

86. Schmalhausen I.I. Factors of evolution: The theory of stabilizing selection. — Chicago University Press, 1949. — 327 p.
87. Langton C.G. Computation at the edge of chaos: Phase transitions and emergent computation // Physica D. — 1990. — Vol. 42, № 1–3. — P. 12–37.
88. Никитин А.В. Парадигма потока случайностей. Том 1. — 2026.
89. Никитин А.В. Парадигма потока случайностей. Том 2. — 2026.
90. Никитин А.В. Парадигма потока случайностей. Том 3. — 2026.
91. Poincaré H. Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique // Acta Mathematica. — 1890. — Vol. 13. — P. 1–270.
92. Christian J.W. The theory of transformations in metals and alloys. — 3rd ed. — Oxford: Pergamon Press, 2002. — 1216 p.
93. Gibbs J.W. On the equilibrium of heterogeneous substances // Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences. — 1876–1878. — Vol. 3. — P. 108–248, 343–524.
94. Eddington A.S. The internal constitution of the stars. — Cambridge University Press, 1926. — 420 p.
95. Chandrasekhar S. An introduction to the study of stellar structure. — Chicago University Press, 1939. — 508 p.
96. Schwarzschild M. Structure and evolution of the stars. — Princeton University Press, 1958. — 296 p.
97. Chandrasekhar S. The maximum mass of ideal white dwarfs // Astrophysical Journal. — 1931. — Vol. 74. — P. 81–94.
98. Bethe H.A. Supernovae // Physics Today. — 1990. — Vol. 43, № 9. — P. 24–27.
99. С.Д. Хайтун, Космологическая картина мира, вытекающая из гипотезы о фрактальной вселенной // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.29418, 25.03.2025 URL:https://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001k/00165812.htm
100. В.В. Исаева, Ю.А. Каретин, А.В. Чернышев, Д.Ю. Шкуратов Фракталы и хаос в биологическом морфогенезе. URL:https://www.researchgate.net/publication/283072088_Fraktaly_i_ha os_v_biologiceskom_morfogeneze

ПРИЛОЖЕНИЯ К ТОМУ 2

Приложение 1. Дополнение к глоссарию (Том 2)

Сегрегация — фильтрация потока на границе автомата, удаление избыточного хаоса. Автоматы распознают «свои» и «чужие» элементы и либо пропускают их внутрь, либо отталкивают, либо уничтожают.

Самосегрегация — спонтанное разделение элементов внутри действующего хаоса на обособленные группы, кластеры или фазы на основе внутренних критериев совместимости («свой/чужой» относительно друг друга), без внешнего управляющего воздействия.

Системный хаос — локальный действующий хаос ограниченного разнообразия, минимизированный до уровня систематизации и классификации. Набор типов элементов, комбинаторно совместимых в результате многократной сегрегации. Примеры: 4 нуклеотида, 20 аминокислот, таблица Менделеева.

Комбинаторика — создание новых конфигураций из элементов системного хаоса. Порождает новые случайности, которые уходят в восходящий поток.

Антихаос — локальная, кратковременная зона внутри действующего хаоса, где флуктуации плотности, энергии или иных параметров создают условия для доминирования упорядочивающих взаимодействий.

Дружественная среда — состояние автомата, при котором скорость сегрегации не ниже скорости поступления хаоса из потока, а самосегрегация эффективно перераспределяет внутренний хаос.

Число дружественности (Fr) — безразмерный параметр, характеризующий способность автомата справляться с поступлением внешнего хаоса. Если Fr больше или равен 1 — автомат находится в дружественной среде: сегрегация успевает удалять хаос быстрее, чем он поступает. Если Fr меньше 1 — среда недружественна, хаос накапливается, начинается старение.

Число самосегрегации (s) — безразмерный параметр, оценивающий эффективность внутреннего разделения элементов в действующем хаосе. Если s меньше 1 — самосегрегация недостаточна, хаос накапливается, старение ускоряется. Если s от 1 до s_{crit} — оптимальный режим, стабилизация и подготовка СОЦ. Если s больше s_{crit} — самосегрегация создаёт опасные кластеры, приближающие катастрофу.

Старение — накопление хаоса, не компенсируемое сегрегацией и не перерабатываемое самосегрегацией.

Катастрофа (СОК) — резкий переход, при котором накопленный хаос разрушает упорядоченную структуру автомата. Происходит при H больше H_{crit}.

СОЦ (самоорганизованная целостность) — рождение нового автомата из хаоса в зоне антихаоса. Механизм, противоположный СОК.

Глобальный круговорот материи — переход материи из состояния хаоса в состояние автомата (через СОЦ) и обратно (через СОК).

Жизненный цикл автомата — последовательность фаз, которые проходит конкретный автомат от рождения до разрушения: рост, стабилизация, старение, катастрофа.

Фаза роста/старения — когда J_{in} больше $J_{out} + \xi$, хаос накапливается.

Фаза стабильности — когда J_{in} примерно равно $J_{out} + \xi$, динамическое равновесие.

Фаза СОЦ — когда J_{birth} значительно больше J_{in} минус J_{out} минус ξ, рождение новых структур.

Фаза СОК — когда H больше H_{crit}, катастрофа.

Приложение 2. Ключевые уравнения Тома 2

Уравнение сегрегации:

$J_{out} = S \times v_{seg} \times \rho_{boundary} \times \eta$

где S — площадь поверхности автомата, v_{seg} — скорость сегрегации, $\rho_{boundary}$ — плотность «чужих» элементов на границе, η — эффективность сегрегации.

Уравнение Кана–Хиллиарда (самосегрегация):

$\partial c/\partial t = \nabla\cdot(M \nabla(\delta F/\delta c))$

где c — локальная концентрация, F — функционал свободной энергии, M — подвижность.

Вероятность антихаоса:

$p_{anti} = p_{spont} + p_{induced}(c_{cluster})$

где p_{spont} — спонтанная вероятность, $p_{induced}$ растёт с концентрацией элементов в кластере $c_{cluster}$.

Число дружественности:

$Fr = (S \times \upsilon_{seg} \times \rho_{boundary} \times \eta) / J_{in}$

Число самосегрегации:

$s = (\tau_{crit} / \tau_{self}) \times (c_{cluster} / c_{crit})$

где τ_{self} — характерное время самосегрегации, τ_{crit} — критическое время, $c_{cluster}$ — концентрация в кластере, c_{crit} — критическая концентрация.

Условие старения:

$J_{in} > J_{out} + \xi$

Условие катастрофы:

$H > H_{crit}$

Рождение порядка (СОЦ):

$J_{birth} = \nu \times p_{anti} \times f_{self}$

$f_{self} = 1 + \alpha \times (c_{crit} / c_{cluster})$

где ν — средний выход из зоны антихаоса, α — эмпирический коэффициент.

Уравнение баланса хаоса (жизненный цикл):

$dH/dt = J_{in} - J_{out} - \xi + J_{birth}$

Фазы жизненного цикла:

Рост/старение: $J_{in} > J_{out} + \xi$

Стабильность: $J_{in} \approx J_{out} + \xi$

СОЦ: $J_{birth} \gg J_{in} - J_{out} - \xi$

СОК: $H > H_{crit}$

Связь самосегрегации со старением:

$\xi = \xi_0 \times (1 - \beta \times (\tau_{self} / \tau_{crit}))$

где ξ_0 — скорость старения в отсутствие самосегрегации, β — эффективность изоляции (от 0 до 1).

Приложение 3. Примеры жизненного цикла

Пример 1: Кристалл в расплаве

Рост. На границе кристалла с расплавом действует сегрегация: поверхность отбирает «свои» атомы с подходящим размером и зарядом, встраивая их в решётку, а примеси отторгает. Некоторые примеси попадают внутрь и собираются в мелкие кластеры.

Стабильность. Когда кристалл достигает равновесия с расплавом, число дружественности Fr примерно равно 1. Самосегрегация поддерживает кластеры примесей в стабильном состоянии.

СОЦ. В некоторых кластерах концентрация достигает критического значения, создавая зону антихаоса. Зарождается новая фаза — включение другой кристаллической модификации.

Старение. Поверхность изнашивается, сегрегация ослабевает. Всё больше примесей проникает внутрь, кластеры растут, возникают механические напряжения.

СОК. Кластер примесей становится критическим, инициирует микротрещину. Трещина лавинообразно распространяется, кристалл разрушается.

Пример 2: Звезда

Рост. Гравитация захватывает межзвёздный газ (сегрегация по массе). Внутри звезды начинается гравитационная дифференциация: тяжёлые элементы опускаются к центру, лёгкие остаются в оболочке.

Стабильность. На главной последовательности баланс между гравитационным сжатием и давлением излучения (Fr примерно равно 1). Самосегрегация создаёт слоистую структуру.

СОЦ. В ядре накапливаются тяжёлые элементы, достигаются условия для термоядерных реакций. Рождаются новые атомные ядра.

Старение. Запасы водорода в ядре истощаются, звезда покидает главную последовательность. Сегрегация ослабевает, масса теряется. В ядре накапливается железо.

СОК. Железное ядро достигает критической массы, происходит коллапс и взрыв сверхновой. Звезда разрушается, разбрасывая тяжёлые элементы в пространство.

Приложение 4. Таблица фальсификации для Тома 2

Утверждение	Условие опровержения
Уравнение сегрегации $J_{out} = S \times \upsilon_{seg} \times \rho_{boundary} \times \eta$	Систематическое отклонение от уравнения больше, чем на 3 стандартных отклонения
Существование самосегрегации	Отсутствие фазового разделения при температуре ниже критической
Критерий $Fr \geq 1$ для устойчивости	Автомат живёт долго при Fr меньше 0.8
Критерий $\tau_{self} \leq \tau_{crit}$	Автомат устойчив при τ_{self} больше τ_{crit}
Зависимость J_{birth} от кластеризации	J_{birth} не зависит от концентрации кластеров (f_{self} всегда равно 1)
Масштабная инвариантность	Все распределения в природе гауссовы (имеют характерный масштаб), степенных законов не наблюдается
Непредсказуемость момента катастрофы	Возможность предсказать момент разрушения конкретного экземпляра с вероятностью больше 90%