

Историческая информатика

*Правильная ссылка на статью:*

Жуков Д.С. Обзор применения теории самоорганизованной критичности в исторических и социо-политических изысканиях // Историческая информатика. 2025. № 4. DOI: 10.7256/2585-7797.2025.4.75327 EDN: XVTHEV URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=75327](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=75327)

## Обзор применения теории самоорганизованной критичности в исторических и социо-политических изысканиях

Жуков Дмитрий Сергеевич

кандидат исторических наук

доцент, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина

392000, Россия, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33, оф. 316

✉ [ineter natum@mail.ru](mailto:ineter natum@mail.ru)



[Статья из рубрики "Моделирование исторических процессов"](#)

### DOI:

10.7256/2585-7797.2025.4.75327

### EDN:

XVTHEV

### Дата направления статьи в редакцию:

28-07-2025

**Аннотация:** В статье представлен обзор эмпирических и теоретических исследований, предпринятых за последние тридцать лет в истории, политологии и социологии с применением подходов и инструментария теории самоорганизованной критичности (СОК). Распространение теории СОК в социо-гуманитарном предметном пространстве было инициировано потребностью в развитии методологии, способной решить исследовательские задачи, связанные с фундаментальными проблемами сложности и неустойчивости. Будучи изначально естественнонаучной концепцией, теория СОК приобрела статус метадисциплинарной парадигмы. Под её влиянием в истории и социо-политических науках возникло исследовательское направление, которое смогло продемонстрировать не только применимость, но и немалую эвристическую продуктивность идей СОК применительно к социальным системам. Распространение теории СОК представляет собой эпизод большого и длительного междисциплинарного диалога, в который вовлечены множество идей. В данном обзоре автор проанализировал содержание этого направления, выделили этапы его развития

(начиная с появления теории СОК), представил ключевые теоретические достижения. Особое внимание уделено исследовательскому дизайну и эвристическим возможностям ключевых научных трудов. Рассмотренные исследования, как правило, фиксируют эффекты СОК в эмпирических данных (исторических и современных), конструируют гипотезы через отсылки к моделям и универсальным объяснительным схемам теории СОК, а в случае подтверждения таких гипотез – дают приращение предметного знания. Эвристически значимую роль в теории СОК играют модели, имитирующие системы в состоянии СОК: они являются источником гипотез и объяснительных схем, которые затем проходят проверку на соответствие эмпирике. В центре теории СОК – модель «куки песка», которая воспроизводит все ключевые положения этой концепции. В ряде работ показано, что прерывистое равновесие и скоротечные кризисы возникают в социальных системах, находящихся в состоянии СОК.

### **Ключевые слова:**

обзор литературы, историография, теория самоорганизованной критичности, моделирование социо-политических процессов, междисциплинарные исследования, розовый шум, лавины, прерывистое равновесие, сложность, методы исторических исследований

*Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-28-00619, <https://rscf.ru/project/24-28-00619/>*

### **Введение**

Математическое моделирование, укоренившееся в течение нескольких веков в естественных науках, развивается и в социо-гуманитарных дисциплинах. Это обусловлено тем фактом, что модели являются продуктивным инструментом для теоретизирования, производства гипотез и прогнозирования [1-2]. Р. Акофф и Ф. Эмери указывали, что вычислительные эксперименты с моделями можно использовать, кроме того, в качестве замены лабораторных экспериментов. Это особенно важно, по их мнению, для истории, которая относится к тем наукам, где реальное экспериментирование практически невозможно или крайне затруднено [3]. Открытие сложности и нелинейности многих социальных систем, сделанное под влиянием синергетики, стимулировало разработку моделей, которые могли бы имитировать эти качества. Такие модели, способные воспроизводить нелинейные эффекты, весьма эффективны для исследования переходных исторических периодов и быстрых социо-политических трансформаций.

Понимание сложных систем, существующих на границе порядка и хаоса и подверженных влиянию нелинейных эффектов, является насущной потребностью как естественных, так и социо-гуманитарных наук. Теория самоорганизованной критичности (СОК) – одна из тех естественнонаучных концепций, которые составляют синергетическую парадигму. Возникнув совсем недавно (в конце 1980-х годов), теория СОК с самого момента возникновения претендует на статус метадисциплинарного подхода. Неудивительно, поэтому, что на фоне успехов СОК в естественных науках началось распространение этой теории и в социо-гуманитарной сфере.

Этот обзор включает литературу, которая возникла в результате приложения теории СОК к изучению феноменов, находящихся в предметном поле истории, политологии и

социологии. Многие нерешённые исследовательские проблемы в этих науках оказались прямо или косвенно связанными со сложностью и нелинейностью – соответственно, возник запрос на новые подходы, объяснительные схемы, инструментарий.

Цель этого обзора – рассмотреть содержание нового междисциплинарного пространства, возникшего в результате освоения теории СОК в истории, политологии и социологии. Мы представим версию периодизации данного направления, начиная с возникновения теории СОК и завершая нынешним состоянием. Кроме того, мы систематизируем опыт (как представляется, опыт весьма успешный и продуктивный) применения подходов и инструментария теории СОК для решения конкретно-предметных исследовательских проблем.

Структура обзора отражает историческую динамику идей СОК в исторической и иных социо-политических науках, а также современную проблематику этого направления. Первый раздел посвящён проблемам сложности и неустойчивости. Здесь мы обозначили, в самом общем виде, те эвристические потребности, которые обусловили стремление исследователей «импортировать» теорию СОК из естественных наук в социогуманитарные.

Во втором разделе представлены основные положения теории СОК. Третий раздел посвящён идейному контексту теории СОК в социо-гуманитарном предметном пространстве. Конечно, теория СОК пришла не на пустое место. Соединение методов точных и гуманитарных наук, освоение подходов и идей синергетики – все эти тренды, возникли много раньше и позволили концепции СОК быть принятой исследователями-гуманитариями. Мы стремимся показать междисциплинарный диалог – встречное движение к соединению, казалось бы, разных представлений и стилей мышления.

Четвёртый раздел посвящён начальному – стартовому – этапу теории СОК в истории и социо-политических дисциплинах. Здесь мы рассмотрим первые труды о СОК в социальных системах. Стартовый этап – это время пионеров и патриархов, время теоретико-методологических инициатив, когда красота теории и, в некоторой мере, её история успеха в других областях были двигателями её экспансии. На этом этапе реальные эмпирические данные о СОК в социальных системах были минимальными.

Пятый раздел описывает своего рода разгонный этап, когда первые прорывные гипотезы нашли многочисленные подтверждения – и оформилось новое междисциплинарное направление. За короткий промежуток времени появилось множество трудов, зафиксировавших (на основании эмпирики) с достаточной точностью СОК в социальных системах. Было показано, что СОК можно качественного интерпретировать и получить некоторое приращение знания или, как минимум, гипотезы, имеющие заметные шансы быть подтверждёнными. На этом этапе была обоснована принципиальная применимость теории СОК в социо-гуманитарной сфере.

Шестой раздел представляет современное состояние рассматриваемого направления. Это начало зрелости: продолжилось расширение предметного пространства, где обнаруживается СОК, в истории и социо-политических науках, усложнилась эвристика соответствующих исследований, возникли собственные исследовательские проблемы внутри направления, конкретно-предметные изыскания дали значимое приращение знания.

Подчеркнём, что обозначенные этапы условны: работы, которые можно отнести к тому или иному этапу, нередко публиковались вне их хронологических рамок, а некоторые исследования – вообще трудно соотнести с каким-либо этапом. Хронологические

границы этапов, поэтому, размыты. Кроме того, рассматриваемое направление продолжает быстрый – возможно, взрывообразный – рост.

## 1. Сложность и прерывистое равновесие

Вспышки социальной активности и институциональные коллапсы (вплоть до разрушения государств) без, казалось бы, веских причин, явных предвестников и ясных последствий представляют собой актуальную исследовательскую и практическую проблему в истории, политологии и социологии. В ответ на потребность в описании, понимании и прогнозировании подобных явлений возник тренд на изучение систем, характеризующихся сложностью – содержащих множество связанных компонентов и демонстрирующих контр-интуитивное (нелинейное, часто «неожиданное») поведение. Свойства и закономерности развития таких систем не могут быть извлечены лишь из анализа их отдельных компонентов.

Признание сложности и нелинейности многих социальных систем распространилось в социо-гуманитарных дисциплинах под немалым влиянием синергетики как общенациональной парадигмы [\[4-7\]](#). В этой связи Л. И. Бородкин отмечает: «Синергетика исходит из того, что в реальности “линейный характер развития процессов” и “равновесные состояния” доминируют не всегда. Существенно большего внимания заслуживает учёт сложности и непредсказуемости поведения систем в периоды их неустойчивого развития. Случаи таковых многообразны – распады государств, внешние интервенции, государственные перевороты, масштабные террористические акты, войны, финансовые и иные кризисы, форсированные реформы, патовые электоральные ситуации, революции, мощные протестные реакции общества. Именно в подобных условиях “малозначительные” причины могут оказывать определяющие воздействия на траекторию политических и международных процессов» [\[8\]](#).

Теория СОК сформировалась благодаря усилиям нескольких авторов [\[9-10\]](#), среди которых традиционно выделяют фигуру датского физика Пера Бака [\[11\]](#). Место теории СОК в системе научного знания описывает Г. Г. Малинецкий: «...В попытке понять системы, [обладающие такими чертами как масштабная инвариантность, целостность, иерархичность, необратимость, уникальность], в синергетике развивается в течение последних десятилетий парадигма сложности. И теория самоорганизованной критичности является одной из основ этой парадигмы» [\[12\]](#).

Одна из причин успеха теории СОК в разных дисциплинах заключается в том, что она предложила универсальное объяснение прерывистого равновесия – явления, широко распространённого в обществе и природе. Прерывистое равновесие – сочетание событий разных масштабов – и, в частности, длительных периодов видимого покоя с грандиозными катастрофами. А. В. Подлазов обращает внимание, что прерывистое равновесие наблюдается во многих областях («таких как биологическая эволюция, сейсмология, астрофизика, экономика, гидродинамика и др.») и отдельные науки давали этому явлению частные объяснения. Между тем, очевидна «некая общность» конкретных появлений прерывистого равновесия («скажем, землетрясений и экономических кризисов») [\[13, с. 7 – 8\]](#).

Некролог П. Баку, опубликованный в 2002 году в журнале “Nature”, содержит признание огромного влияния теории СОК на представления о самых разнообразных системах: «В 1987 году вместе с ЧАО Тангом и Куртом Визенфельдом он опубликовал то, что он и многие его коллеги считали своим самым важным вкладом в науку, – теорию

самоорганизованной критичности. В течение долгих лет Бак размышлял над многочисленными примерами фрактальных структур, обнаруженными в природе, – от облаков и землетрясений до распределения галактик во Вселенной. И его теория СОК подводит фундамент под объяснение наблюдаемой самоподобной структуры таких систем... Теория СОК распространилась в научном сообществе подобно описываемым ею лесным пожарам. Идеи П. Бака были приняты во всем мире... За последние 15 лет теория СОК стала устоявшейся частью многих научных дисциплин... Бак был рад, что его теория может быть применена практически ко всем отраслям науки и что она является одним из самых успешных междисциплинарных вкладов в науку за последние десятилетия» [\[14\]](#).

## 2. Что такое самоорганизованная критичность?

Понятие «kritичность» подразумевает, что причинно-следственные цепочки (в данном случае уместна метафора «волны») ослабевают и затухают не столь быстро, как в обычных системах. Поэтому даже локальное слабое кратковременное событие может инициировать «волну», которая дойдёт до пределов системы или охватит значительный её участок. Термин «самоорганизованность» в данном случае указывает на свойство некоторых систем в определённых обстоятельствах самонастраиваться, самоорганизовываться в критическое состояние. Это состояние подобно растянутой во времени точке бифуркации.

Обычная система быстро проскаивает точки бифуркации, в которых любое – даже незначительное – отклонение управляющих параметров ведёт к выбору аттрактора и определению «тропы зависимости». Поскольку даже случайное событие может вытолкнуть систему из точки бифуркации, то, безусловно, такого события не придётся долго ждать.

Рисунок 1 содержит традиционную иллюстрацию точки бифуркации – камень на вершине холма, который «выбирает» по какому пути и в какое конечное состояние скатиться. Теория СОК показала, что некоторые системы способны довольно долго находиться в таком состоянии: пока система пребывает в состоянии критичности, она в любой момент может сорваться, трансформироваться, пережить катализм (в теории СОК используется термин «лавина»). Это поразительное утверждение. В самом деле, как камень может сам забраться на вершину холма и удерживаться там – вопреки порывам ветра и ударам дождевых капель – возможно, не вечно, но всё-таки достаточно долго? Более того, как оказалось, такие системы весьма распространены в природе и обществе.

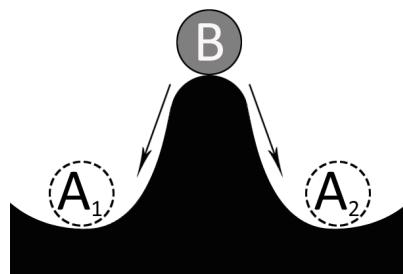


Рисунок 1. Камень на вершине холма – пример системы в точке бифуркации (B), где/когда происходит выбор между закономерностями, ведущими к разным конечным состояниям (аттракторы  $A_1$  и  $A_2$ ) [\[15\]](#).

Самонастройку системы в критическое состояние обеспечивает сопряжённость двух фундаментальных процессов: медленный рост напряжения и быстрые релаксации (сбросы напряжения) [\[13, с. 16-17\]](#). Причём, источником напряжения могут быть

упомянутые выше локальные слабые кратковременные импульсы – обыденные микроуровневые события, которыми наполнена, в частности, социальная жизнь. Нелинейные эффекты (несоразмерности причин и следствий) возникают внутри такой системы естественным образом – под влиянием вполне ординарных – повседневных, субъективно «малозначимых» – событий.

Ансамбль причинно-следственных волн – одни из которых компенсируются, тогда как другие резонируют – создаёт в системе колебания разного размаха и длительности. Поэтому системы в состоянии СОК издают специфический сигнал – розовый шум ( $1/f$ -шум) [\[16, с. 68-69\]](#). Это фрактальные процессы: крупные волны, по которым идут волны меньшего размера, по которым, в свою очередь, идёт мелкая рябь и т.д. Розовый шум является характеристикой динамических рядов. Для идентификации розового шума необходимы данные об изменении системы во времени – достаточно длинный числовой ряд или ряды, в которых зафиксированы (с некоторым временным интервалом) состояния ключевых параметров (или результатов) рассматриваемой системы.

Колебание таковых параметров, как правило, являются непосредственными проявлениями событий в системе. Среди разноразмерных событий, свойственных СОК-системе, – т.н. лавины. Это грандиозные и скоротечные изменения, охватывающие всю систему или значительную её часть; они сопряжены со столь сильным отклонением системных параметров, что, как правило, инициируют разрушение и качественную трансформацию системы. Нередко таковые события представляются катастрофами. Вероятность катастроф в состоянии СОК возрастает. Розовый шум – предвестник катастроф. Само по себе понятие катастрофы в математической теории нелинейной динамики не имеет отрицательной коннотации, оно означает резкий скачок в динамике процесса, сход на другую траекторию.

Традиционные линейные объяснительные схемы увязывают наступление масштабных экстраординарных событий с появлением столь же масштабных экстраординарных причин. Теория СОК не нуждается в причинах такого рода. Крупные события генерируются теми же многочисленными микроуровневыми событиями, которые долгое время могли порождать лишь мелкие казусы или не производить вообще никаких хорошо видимых эффектов. Одно и то же состояние порождает как периоды покоя, так и системные скачки (равно как и все прочие события, промежуточных размеров). Кажущаяся стабильность в этом случае – всего лишь одна сторона системы, тогда как другая её сторона – катастрофа.

Для внешнего наблюдателя таковые катастрофы (если это настоящие лавины в духе теории СОК) должны казаться «неожиданными» (поскольку развиваются очень быстро, без хорошо просматриваемого подготовительного периода) и «беспричинными» (поскольку не имеют заметных, веских причин). «Конечно, для экстраординарных масштабных событий историки постфактум могут сконструировать экстраординарные масштабные причины. Современники же довольно часто ответственными за лавину назначают иностранных агентов, потусторонние силы, заговорщиков, тайные организации и т.п. Лавина, тем не менее, является закономерным имманентным порождением СОК-системы» [\[17\]](#).

Состояние СОК характерно лишь для систем, обладающих определёнными характеристиками. Помимо упомянутого выше источника напряжения и способности релаксировать, такие системы должны состоять из большого множества элементов. Причём, эти элементы должны быть достаточно хорошо связаны – так, чтобы иметь возможность воздействовать друг на друга и в некоторых обстоятельствах вести себя как

единое целое. Кроме того, система должна содержать причинно-следственные петли. Обратные связи ответственны, среди прочего, за рефлексивность, быстрые разбалансировки и поляризацию.

Совокупность описанных выше свойств, как оказалось, не является уникальной или редкой комбинацией. Она довольно часто встречается в природе и обществе. Классический пример петли обратной связи – древнее наблюдение, что «богатые используют богатство, чтобы стать ещё богаче, а бедные становятся беднее». Результаты функционирования СОК-систем должны, таким образом, иметь степенное распределение с определённым показателем степени. Например, если богатство и бедность действительно создаются и распределяются в режиме СОК, то мы должны, в конечном счёте, увидеть небольшое количество богатых людей, некоторое незначительно количество представителей среднего класса и огромную массу бедняков. Аналогично распределены, например, землетрясения по частоте-магнитуде в соответствии с эмпирическим законом Гутенберга – Рихтера: крупные землетрясения весьма редки, средние – происходят с большей вероятностью, а мелкие – случаются наиболее часто (рисунок 2).

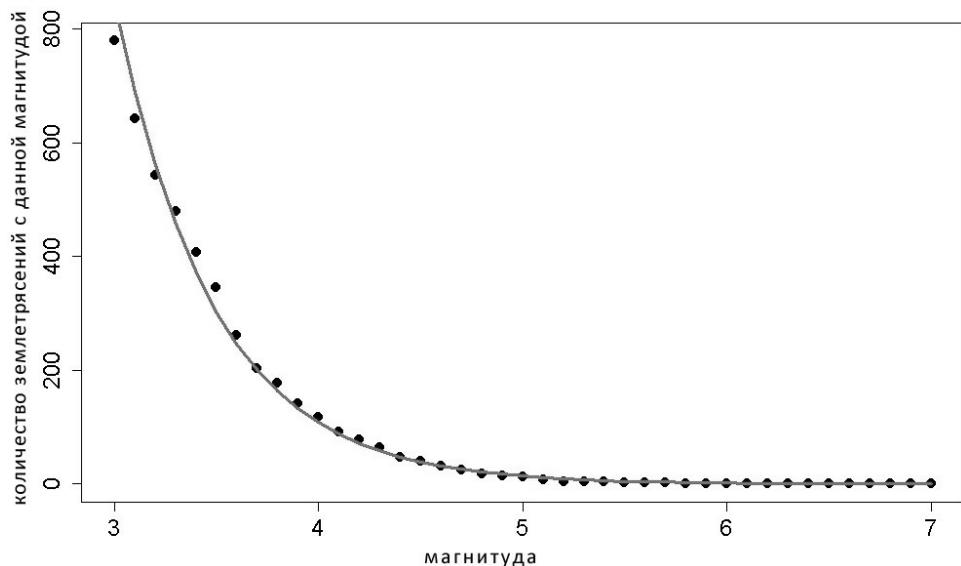


Рисунок 2. Закон Гутенберга – Рихтера [\[18\]](#).

В динамических рядах – сигналах, генерируемых СОК-системой, – должна обнаруживаться автокорреляция, поскольку таковые системы подчинены на протяжении длительного времени некоторым статистическим закономерностям – можно сказать, что они обладают долговременной памятью. Однако каждое конкретное состояние СОК-системы вовсе не должно зависеть от предыдущего: для таких систем не обязательно наличие сильной кратковременной памяти.

Таким образом, розовый шум, степенные законы и автокорреляция – три маркера СОК [\[13\]](#) [\[19\]](#), которые мы можем зафиксировать в исследуемых данных. Есть лишь единичные исследования, которые опираются на все три маркера и абсолютно исчерпывающим образом доказывают СОК. Эти работы – весьма редкой образец исключительной научной точности [\[20\]](#). Автокорреляция нечасто используется в социо-гуманитарных дисциплинах, поскольку для её корректного вычисления требуются огромные массивы данных, которыми гуманитарии, как правило, не располагают. Кроме того, автокорреляция сама по себе (взятая отдельно от других маркеров), не является свидетельством критичности, поскольку, конечно, может иметь совершенно другие источники. Отчасти это

утверждение распространяется и на степенные распределения. Они, видимо, не всегда порождаются критичностью, однако их обнаружение позволяет строить аргументированные гипотезы о наличие СОК. (Подробный обзор работ, связанных со степенными распределениями, дан К. Пинто и коллегами [\[21\]](#)). Именно этот приём использован в значительной части литературы по СОК в социо-гуманитарной сфере (особенно в ранней литературе). Розовый шум является специфическим процессом: его фиксация позволяет с высокой степенью вероятности утверждать, что исследуемая система находится в состоянии СОК.

Розовый шум как атрибут СОК используется во многих исследованиях. Для его идентификации необходимо выявить степенной закон с показателем степени около единицы в спектрограмме динамического ряда.

Динамический ряд (который в контексте спектрального анализа часто именуется «сигналом») с помощью быстрого преобразования Фурье разлагается на простые гармоники – колебания с постоянной частотой и амплитудой. На рисунке 3 показан пример (из электродинамики) представления сложного сигнала в виде совокупности гармоник.

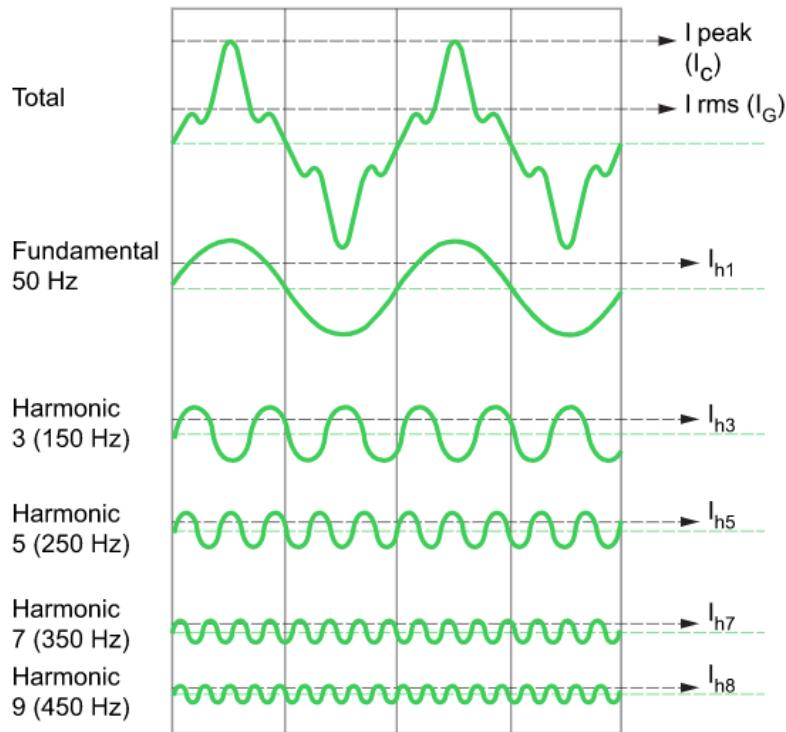


Рисунок 3. «Пример декомпозиции сложного сигнала на гармоники» [\[22\]](#).

Спектрограмма сложного сигнала состоит из множества точек, каждая из которых обозначает отдельную гармонику (рисунок 4В). Координаты каждой такой точки/гармоники на спектрограмме соответствуют величинам частоты и мощности соответствующей гармоники (мощность пропорциональна квадрату амплитуды).

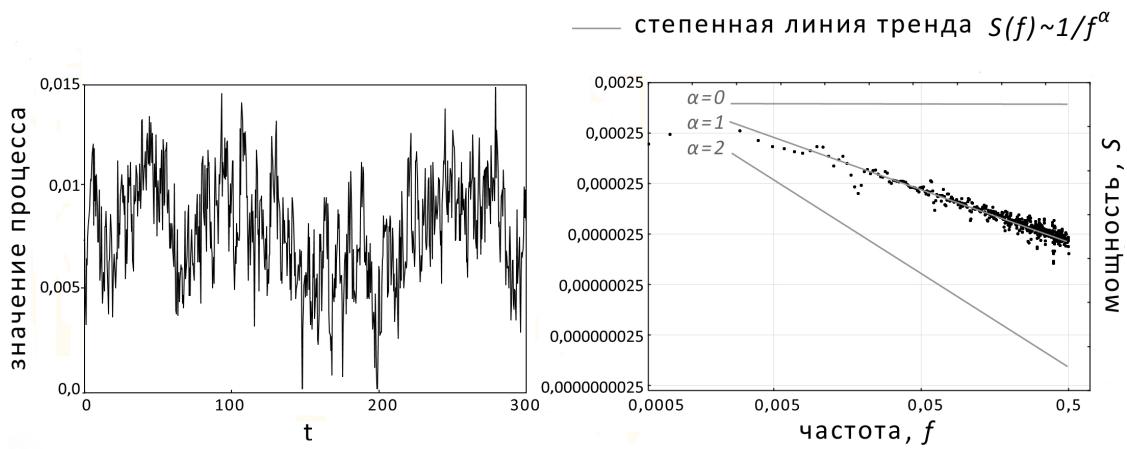


Рисунок 4. (A) Образец и (B) спектrogramma (спектральной плотности мощности) розового шума [\[171\]](#).

Мы можем установить, насколько хорошо совокупность точек на спектrogramме аппроксимируется степенной закономерностью:

$$S \sim \frac{1}{f^\alpha}$$

где  $f$  (частота),  $S$  (мощность) и показатель степени  $\alpha$ , которые могут быть вычислены из результатов спектрального анализа. Если  $\alpha \approx 1$ , то исходный динамический ряд является розовым шумом.

В каком диапазоне  $\alpha$  сигнал считается розовым шумом? Общепринятых чётких границ «розовости» нет. П. Бак писал: «Спектр розового шума имеет вид...  $1/f^\alpha$ , где степень  $\alpha$  может принимать значения от 0 до 2» [\[16, с. 69\]](#). Очевидно, ближе к означенным границам, розовый шум переходит в сигналы других типов. Если  $\alpha \approx 2$ , сигнал является уже красным (броуновским) шумом. Для белого (хаотичного) шума характерна величина  $\alpha \approx 0$  (что, впрочем, не является исчерпывающим атрибутом белого шума).

Эвристически значимую роль в теории СОК играют модели, имитирующие системы в состоянии СОК: они являются источником гипотез и объяснительных схем, которые затем проходят проверку на соответствие эмпирике. Множество таковых моделей относятся к разряду агентно-ориентированных (клеточных автоматов, искусственных сообществ). Теоретическое изучение критичности часто выстраивается вокруг наблюдений поведения подобных моделей в компьютерных экспериментах (например, [\[23\]](#)). Широко известна и весьма влиятельна (в разных дисциплинах) модель эволюции П. Бака и К. Снеппена [\[10\]](#). Подобные удачные модели обнаруживают способность описывать явления и процессы разной природы. Они способны внести вклад в разъяснение многих нелинейных эффектов, которые присущи современным социо-политическим процессам, выявить механизмы нарушения привычной соразмерности причин и следствий. Имитационные агентно-ориентированные модели хорошо показывают, как микроуровневые события и слабые импульсы, благодаря петлям обратных связей и прочим свойствам социальных систем, могут не затухать, а, напротив, усиливаться и, в конце концов, вызывать макромасштабные изменения.

В центре теории СОК – модель «кучи песка», которая воспроизводит все ключевые положения этой концепции (рисунок 5) и является своего рода символом и брендом СОК.

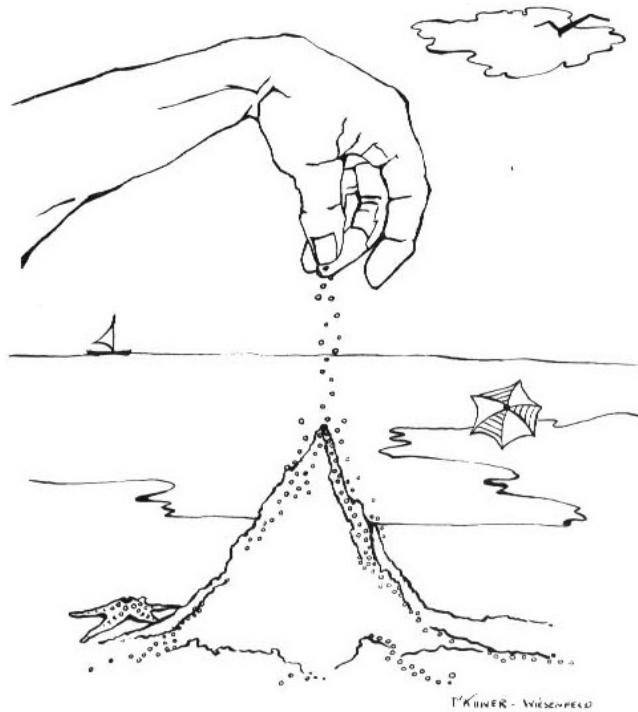


Рисунок 5. Куча песка – центральная метафора теории СОК. Рисунок Элейн Визенфельд [\[16, с. 50\]](#).

Немногочисленные песчинки, которые постоянно добавляются на вершину песчаной кучи, вызывают рост напряжения в системе: склоны становятся всё более крутыми. Мы могли бы ожидать, что вслед за добавлением песчинок на вершину, приблизительно такое же количество песчинок будет постоянно скатываться вниз – к подножью. Вместо этого мы наблюдаем периоды затишья (когда песчинки не скатываются вообще), локальные оползни разных размеров и, время от времени, большие лавины, которые охватывают все или почти все склоны – существенно и быстро сокращают высоту кучи. Однако раз за разом куча растёт и наклон её склонов стремится приблизиться к такой величине, когда возможны события (оползни и лавины) всех масштабов. Здесь распределение событий по размеру (количеству вовлечённых песчинок) является степенным законом; а их динамика – розовым шумом.

«Лавина запускается одной песчинкой, которая может вызвать небольшое обрушение склона на локальном сильно наклонённом участке. Это обрушение провоцирует сходы песка на соседних участках, если они также наклонены слишком сильно. Такой самоусиливающийся процесс развивается стремительно. Конечно, в конкретной начальной песчинке не было ничего особенного. Она сыграла историческую роль лишь постольку, поскольку система в целом пребывала в критическом состоянии: минимально стабильные участки (то есть участки с большим локальным наклоном) составляли почти связанный кластер. Одной песчинки – одного слабого воздействия – достаточно, чтобы система (склон) начала вести себя (обрушаться) как единое целое» [\[17\]](#).

### 3. Идейный контекст и междисциплинарный диалог

Распространение теории СОК – это эпизод большого и длительного междисциплинарного диалога, в который вовлечены множество теорий. Движение к интеграции в социогуманитарную сферу математизированных естественнонаучных концепций шло с обеих сторон. В России прорывные шаги в этом междисциплинарном пространстве сделали два патриарха отечественной науки – академик РАН И. Д. Ковальченко (историк, лидер

квантизированной истории) (1923-1995) [\[24-25\]](#) и член-корреспондент РАН С. П. Курдюмов (физик и математик, пионер разработки новых моделей нелинейной динамики и синергетического подхода во многих дисциплинах) (1928-2004) [\[26-27\]](#). Сейчас инициативы этих выдающихся исследователей развиваются их коллеги, ученики и соавторы: член-корреспондент РАН Л. И. Бородкин [\[8\]](#) [\[28-30\]](#), доктор ф.-м. наук, профессор Г. Г. Малинецкий [\[31-33\]](#) и другие.

Л. И. Бородкин – почётный президент Ассоциации «История и компьютер»; вокруг его идей сложилось направление исторической информатики, в рамках которой работают многие отечественные исследователи и коллеги из ближнего зарубежья – см.: [\[34\]](#). Это направление, являясь историческим, имеет широкое теоретико-методологическое влияние: оно непосредственно содействует развитию современных представлений и инструментария во многих социо-гуманитарных дисциплинах.

Г. Г. Малинецкий продвигает грандиозную программу по развития междисциплинарного теоретико-методологического арсенала многих наук; одним из составляющих этой программы является интеграция математических методов и передовых естественнонаучных представлений в социо-гуманитарное знание. Г. Г. Малинецкий, наряду с такими известными исследователями как П. В. Турчин [\[35, 36\]](#), член-корреспондент РАН Ю. Н. Павловский (1937-2004) [\[37\]](#), является основоположником клиодинамики. Это междисциплинарное направление выделяется стремлением математизировать знания о длительных социальных процессах. В рамках или под влиянием этого направления в разных социо-гуманитарных дисциплинах работают крупные зарубежные и российские исследователи, в частности: Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев [\[38\]](#), С. Ю. Малков [\[39\]](#), С.А. Нефёдов [\[40\]](#) и другие.

Благодаря усилиям, в частности, Л. В. Сморгунова [\[41-42\]](#), В. В. Володенкова [\[43\]](#), С. Н. Федорченко [\[115-116\]](#) проблема сложности и нелинейности политической реальности стала одной из ключевых в политической науке.

#### 4. Стартовый этап

Первые опыты применения теории СОК для изучения социо-гуманитарных проблем были вдохновлены стремлением утвердить правомерность и показать применимость новой естественнонаучной теории в новом для неё предметном пространстве. Значимым достижением подобных исследований было обнаружение фактов, поддерживающих тезис о наличии СОК в социальных системах. Кроме того, успех объяснительных схем СОК в естественных науках подталкивал исследователей к переносу таких схем на социо-гуманитарные предметы, если удавалось показать их подобие определённым естественным предметам. Такой приём породил множество изящных гипотез, которые давали надежду на высокую эвристическую продуктивность новой теории. Необходимо заметить также, что пионеры теории СОК на исследовательском фронтире должны были обладать немалым авторитетом и научной смелостью, поскольку даже сейчас – спустя 30 лет – терминология и абстрактные построения теории СОК выглядят весьма экзотично. Немалая заслуга первых исследователей состояла также в том, что они проделали большую работу по налаживанию междисциплинарного диалога, рассказывая о методах и идеях новой теории, а иногда и показывая в своих предметных изысканиях выгоды от её применения. Стартовый этап продолжался до середины 2010-х годов и смог достичь своей главной цели – легитимации теории СОК в истории и социо-политических дисциплинах.

В 1988 году была опубликована классическая статья по теории СОК [\[9\]](#). Книга П. Бака впервые была издана в 1996 году [\[11\]](#) а в 2013 году был опубликован её русский перевод с предисловием Г. Г. Малинецкого [\[16\]](#). В публикациях основателей новой теории её приложение в социо-гуманитарной сфере мыслилось как нечто само собой разумеющееся.

Пожалуй, первая мысль, к которой подталкивала теория СОК, – это призвание неизбежности политических катастроф и масштабных социально-экономических потрясений (то есть лавин). Конечно, такое утверждение подразумевало, что общество или некоторые его важные подсистемы функционируют в режиме СОК. По поводу, например, экономики П. Бак делал неутешительные выводы: «... Масштабные флюктуации, которые мы наблюдаем в экономике, указывают на то, что она функционирует в самоорганизованно-критическом состоянии, где слабые толчки могут привести к лавинам разных размеров, как в случае землетрясений. Флюктуации неизбежны. Нет способа стабилизировать экономику и избавиться от флюктуаций регулированием процентной ставки и другими мерами... Крупная лавина, а именно революция – единственный путь качественных изменений» [\[16, с. 235-236\]](#).

Однако ко времени появления теории СОК мысль о неизбежности и естественности скачков была, на самом деле, не новой и могла показаться открытием лишь ранним позитивистам. Теория СОК смогла создать общее представление о природе некоторой разновидности катастроф и инструментарий для выявления лавиноопасных периодов и участков – а вот это, действительно, было новшеством. Однако рассуждениями о соотношении эволюции и революции эвристический потенциал теории СОК, конечно, не исчерпывается.

Одним из первых исследователей, всемерно поддержавших экспансию теории СОК, был Д. Тьюкот. Хотя магистральные его усилия были направлены на естественные науки [\[44-45\]](#), в своих обзорных и предметных исследованиях он обосновал применимость теории СОК для изучения человеческого общества: «Многие временные ряды, – писали Д. Тьюкотт и Дж. Рандл, – являются примерами самоорганизации сложности. Такие примеры включают в себя: (1) [изменение] составляющей скорости в точке турбулентного потока, (2) [динамика] глобальной средней температуры, (3) [колебания уровня и интенсивности] течения рек, (4) экономические временные ряды, такие как индекс фондового рынка или обменный курс, (5) интервалы между ударами сердца... [Имеются] примеры самоорганизации в социальных сетях» [\[45\]](#).

В 1998 году – спустя 10 лет после появления теории СОК – Д. Робертс и Д. Тьюкот [\[46\]](#) зафиксировали СОК в социальной сфере, опираясь не только на интуитивно подмеченные аналогии, но и на эмпирику и точные расчёты. Исследователи сфокусировали внимание на глобальной статистике военных конфликтов: «Можно, – писали Д. Робертс и Д. Тьюкот, – качественно интерпретировать крушение порядка в мире, уподобив этот процесс возникновению огня в модели “лесного пожара”. В этой модели в результате первоначальной “искры” иногда возникает пожар, а иногда – нет. Иногда возникает сильный пожар, иногда – слабый. Но статистика частоты-силы пожаров подчиняется степенному закону... Полученные нами результаты свидетельствуют, что мировой порядок ведёт себя как самоорганизованная критическая система, независимая от усилий, предпринимаемых для контроля и стабилизации взаимодействий между людьми и странами» [\[46\]](#). СОК-модель для имитации возникновения военных конфликтов была предложена также Л.-А. Цедерманом [\[47\]](#).

В 2001 году А. В. Подлазов – под руководством Г. Г. Малинецкого – защитил кандидатскую диссертацию по математике «Новые математические модели, методы и характеристики в теории самоорганизованной критичности» [\[13\]](#). Хотя эвристический потенциал СОК-моделей автор демонстрирует главным образом применительно к естественнонаучным проблемам, он выдвинул несколько интересных и глубоких интерпретаций социальных процессов в духе теории СОК.

Т. Крон и Т. Грунд [\[48\]](#), хотя и не опирались на точные вычисления, увидели аналогию между важнейшими социо-политическими явлениями (такими как гонка вооружений, предшествовавшая Первой мировой войне) и эффектами СОК. Они продвигали гипотезу о том, что СОК является, возможно, атрибутом истории и современности. В силу этого общество склонно к разбалансированию (disequilibrate).

А. Маулана и Х. Ситунгкир обнаружив степенные закономерности в выборочных результатах в Индонезии, Мексике, Бразилии и Индии, высказали предположение, что политические системы могут функционировать в режиме СОК [\[49\]](#). Немалые заслуги по распространению представлений о критичности принадлежат популяризатору науки М. Бьюкенену [\[50\]](#).

Значительное – прямое и косвенное – влияние на рассматриваемое направление оказал Г. Бранк [\[51-54\]](#). В начале 2000-х годов он опубликовал серию статей в известных журналах. В этих работах он выдвинул гипотезы и поставил вопросы, которые до сих пор являются своего рода вектором исследовательских усилий по идентификации и пониманию СОК в социо-гуманитарной сфере. Заметим, что многие утверждения Г. Бранка следует воспринимать как полемически заострённые тезисы. Несмотря на то, что они подверглись обоснованной критике (как в теоретическом плане, так и в плане соответствия эмпирике), ряд идей Г. Бранка оказались весьма плодотворными или, как минимум, не отвергнутыми до сих пор. Заметим, что ко времени выхода в свет статей Г. Бранка имелись лишь скучные эмпирические наблюдения о СОК в социальной сфере. Поэтому оценить (опираясь на эмпирику) широту распространения и значимость этого феномена для социальной жизни было, на самом деле, невозможно.

Ключевые тезисы Г. Бранка были следующими. Во-первых, все общества естественным образом склонны к самоорганизованной критичности (хотя не всегда могут переживать это состояние в чистом виде в силу объективных обстоятельств). Во-вторых, СОК является источником изменений на протяжении всей истории – драйвером истории. В-третьих, все крупные политические и социо-экономические потрясения (кризисы, революции, крушения государств и т.п.) являются не чем иным, как лавинами в духе теории СОК.

«Здравый смысл подсказывает нам, – писал Г. Бранк, – что самые важные вещи должно быть легче всего предсказать. Но войны, обвалы рынков, революции, отставки правительства и многие другие важные события часто происходят без предупреждения... В линейном мире величина причины всегда пропорциональна величине её следствия, и поэтому большие события истории “должны были иметь” большие причины. В нелинейном мире самые незначительные триггеры могут вызвать большие эффекты, и поэтому связь между причиной и следствием уже не такая, как мы предполагали... СОК – это и есть источник “выбросов” в исторических данных... Статистические “выбросы” теперь рассматриваются как великие события истории,... а самоорганизованная критичность становится “двигателем истории”, порождающим её самые важные события...» [\[53\]](#).

Поскольку теория СОК не требует экстраординарной причины для крупных событий, Г. Бранк апеллирует к бритве Оккама, чтобы показать избыточность (и, следовательно, неправомерность) интерпретаций, таковую причину предусматривающих. А к подобным интерпретациям относится абсолютное большинство объяснительных схем (по сути, линейных схем) в истории и социо-политических науках. Здесь необходимо заметить, что, на самом деле, теория СОК не отвергает наличие каких-либо экстраординарных причин, хотя и не нуждается в них.

Очевидно, не надеясь доказательно обнаружить следы СОК во всех без исключения исторических процессах, Г. Бранк вводит понятие «слабых» (своего рода замутнённых, не явивших свою сущность в чистом виде) СОК-систем: «Слабая СОК-система, которая работает “не в такт”, не является чистым процессом СОК, потому что некоторые каскады сложности происходят до достижения максимального устойчивого уровня чувствительности её членов. Следовательно, “энергия” или “разочарование” рассеиваются преждевременно...» [\[53\]](#).

Даже в момент зарождения теории СОК, далеко не все исследователи [\[55\]](#) готовы были согласиться с тезисом, что «всё есть СОК». Современный ответ на интеллектуальные вызовы Г. Бранка (с учётом накопленной позднее эмпирики) представлен в последующих разделах. Тезисы Г. Бранка оказались продуктивными, но в их умеренных (сильно усечённых) вариантах.

## 5. Разгонный этап

Спустя почти двадцать лет после появления теории СОК конкретно-предметные исследования самоорганизованной критичности в социо-гуманитарной сфере всё ещё оставались крайне немногочисленными. Однако затем последовал короткий этап (с середины 2010-х до начала 2020-х годов), в ходе которого взрывообразно ускорилось накопление данных о СОК в истории, политологии и социологии.

Скоротечность этапа компенсировалась удивительной продуктивностью научных трудов. Вдруг оказалось, что самоорганизованная критичность обнаруживается во множестве социальных систем в ключевые периоды их существования. Более того, интерпретации на основе теории СОК оказались здраво продуктивными в частных науках: научная значимость новых исследований заключалось не только в экспериментировании с новейшим инструментарием, но и в приращении предметного знания, в решении трудных вопросов истории и социо-политических наук. Кроме того, усложнилась техника идентификации СОК: помимо работ, опирающихся на выявленные степенные закономерности, появились труды, где фиксировался розовый шум, что позволило исследователям говорить о наличии СОК с большей уверенностью.

Исследовательский дизайн работ, представленных в этом разделе, имеет некоторые общие черты. После обнаружения «отпечатков пальцев» СОК возникает вопрос: какие качественные выводы можно сделать из этого факта. В литературе при решении подобной задачи используются некоторые – очень схожие – эвристические приёмы. Во-первых, исследуемая система (в отношении которой доказано, что она может находиться в состоянии СОК) сопоставляется с некоторой СОК-моделью. Соответственно, на систему переносятся модельные представления о причинах, условиях и механизмах возникновения эффектов СОК. Это требует аккуратного отождествления элементов и процедур модели с элементами и процедурами изучаемой системы, а затем – верификации модели. Во-вторых, свойства и динамику исследуемой СК-системы можно интерпретировать через отсылки к общим объяснительным схемам теории СОК.

Конечно, абстрактные построения теории СОК в этом случае необходимо конкретизировать, наполнять содержанием, свойственным изучаемой системе. Эта техника построения интерпретаций оказалась весьма эффективной, поскольку объяснительные схемы теории СОК впитали, суммировали и обобщили данные множества экспериментов (вычислительных и лабораторных) и результаты осмыслиения множества феноменов в разных науках. Нельзя не заметить, что продуктивная эвристика в описанном дизайне неизменно включает в себя и, более того, прямо опирается на качественные методы социо-гуманитарных наук и накопленные в них теоретические представления и имплицитные модели.

Значимое для рассматриваемого направления открытие сделали И. Шимада и Т. Кояма [\[56\]](#), опубликовавшие в 2015 году статью «Теория социальных изменений в сложных системах: применение общей модели критичности». Авторы, воспользовавшись электоральной статистикой Японии в послевоенный период, рассмотрели изменения электоральных предпочтений населения. Они выдвинули гипотезу (и нашли аргументы в её пользу) о том, что признаки СОК в политической активности являются индикатором, свидетельствующим о том, что внутри общества накоплен значимый трансформационный потенциал – и общество готово к радикальным качественным изменениям. Инструментарий СОК, таким образом, позволяет вычислить предвестников трансформации исследуемого объекта.

С 2014 года Д. С. Жуков и коллеги реализуют обширную многопредметную исследовательскую программу, нацеленную на обнаружение и интерпретацию СОК в разнообразных исторических и современных социо-политических процессах. Инструментом идентификации СОК в данных исследованиях является обнаружение розового шума в динамических рядах, отражающих изменения сущностно важных параметров системы или основных результатов её деятельности.

Авторы зафиксировали признаки СОК в динамике крестьянских протестов в ряде российских губерний во второй половине XIX века и предположили, что в некоторых частях крестьянского мира (в тех, которые бунтовали в режиме СОК) накопился серьёзный внутренний потенциал для крупных восстаний. Внутри крестьянской массы, очевидно, имелся постоянный микроуровневый источник постоянного напряжения. Это напряжение в ряде случаев сбрасывалось в виде локальных протестов, но затем вновь накапливалось, формируя готовность общества к катастрофической лавине [\[57-58\]](#). Ближний хронологический рубеж этого исследования – Первая русская революция (1905 г.).

Бунтарская активность в российских городах в 1917 – 1918 годах была также протестирована на наличие розового шума. Столицы – Москва и Петроград, – как оказалось, находились в состоянии СОК, тогда как городские сообщества других губерний демонстрировали скорее хаотичное поведение [\[58\]](#).

Маркеры СОК были зафиксированы в демографических процессах на уровне отдельных крестьянских сообществ в XX веке, что очевидно, было связано с переходом к частичному регулированию демографического поведения [\[59-60\]](#).

СОК была идентифицирована в сетевых протестно-революционных движениях (см. следующий раздел), в электоральном поведении (США, 1958 – 2016 годы) [\[61\]](#). Установлено, что эффекты СОК оказывают влияние на перефокусировку общественного внимания (в том числе на смену информационно-политической повестки дня) в

социальных медиа [\[62\]](#). Был обнаружен и интерпретирован розовый шум в динамике террористической, экстремистской и криминальной активности в ряде стран в 1940-х – 2010-х годах (см. следующий раздел).

Обобщая эти изыскания, авторы отмечают, насколько многолики проявления прерывистого равновесия – розового шума – в динамике социальных систем. Маркеры СОК во множестве обнаруживаются в современных процессах – даже тех, которые кажутся «нормальными» и якобы не содержащими трансформационного потенциала. Можно предположить, что СОК является значимой характеристикой обществ, которые по каким-то причинам находятся в пограничном состоянии – в преддверии трансформации. Удалось показать, что СОК в социальных системах – явление, хотя и не повсеместное, но, тем не менее, относительно распространённое. Было показано также, что эффекты СОК ответственны за парадоксальное – контр-интуитивное – поведение систем и оказывают принципиальное влияние в ряде случаев на ход событий [\[15\]](#).

Обнаружение маркеров СОК в деятельности системы позволяет диагностировать её структуру и состояние: увидеть потенциал возникновения лавин (катастроф и/или качественных трансформаций) – равно как и событий других масштабов – в повседневных поступках и мнениях людей. Кроме того, розовый шум оказался удобным и полезным индикатором для диагностики внутренних свойств систем, поскольку теория СОК накопила довольно обширные представления о свойствах и функционировании СОК-систем [\[61\]](#).

В 2014 году С. Пиколи и коллеги представили работу, в которой показали наличие степенных распределений в статистике «событий с применением силы» в Ираке (2003–2005 годы), Афганистане (2008–2010 годы) и Северной Ирландии (1969–2001 годы). Это дало авторам основания предположить, что социальные явления в определённом смысле аналогичны некоторых природным (например, землетрясениям и пр.), демонстрирующим распределения того же вида. Поскольку СОК-модели к тому времени уже воспринимались как весьма удачные для описания таковых природных явлений, то и некоторые социальные системы, по мнению авторов, могли быть интерпретированы схожим образом: «Например, возникновение землетрясений связано со скоротечной релаксацией накопленного напряжения при достижении порогового значения, как это показано в теории самоорганизованной критичности. Аналогично, насилиственные события в человеческих конфликтах могут быть связаны с пороговым механизмом. В этом случае описание человеческих конфликтов в терминах СОК кажется правдоподобным» [\[63\]](#).

Степенной закон с показателем степени, характерным для СОК, был обнаружен в статистике зрительских оценок кинофильмов [\[64\]](#), в распределении числа аварий и количества жертв в них (в общемировой базе аварийных ситуаций EM-DAT с 1903 по 2012 год) [\[65\]](#).

Р.-А. Тьетар собрал данные о более чем пятистах ключевых решений в транснациональной корпорации Danone с 1966 по 2008 год. Полученный динамический ряд, выражавший администраторскую активность по преобразованию компании, был разделён на несколько субпериодов, в течение некоторых из них были зафиксированы маркеры СОК: «За длительными периодами небольших изменений следуют скачкообразные и масштабные преобразования. <...> Когда число небольших изменений достигало порога, накопленные инициативы вызывали внезапное и большое стратегическое изменение. Это были периоды адаптации к возможностям и освоения

навыков для достижения стратегической цели» [\[66\]](#).

Б. Тадич и коллеги [\[67\]](#) построили модель возникновения СОК в Интернет-сообществах в процессе коллективного создания нового знания. Их интересе к теме сохранился и в последующие годы (см. следующий раздел). А.С. Малков, Ю.В. Зинькина и А.В. Коротаев показали эвристические возможности моделирования сверхкритических явлений в социальных системах [\[68\]](#).

## 6. Начало зрелости

Пройдя период утверждения правомерности в истории и социо-политических науках, идеи СОК демонстрируют свою эвристическую продуктивность уже «в промышленных масштабах». Тем не менее, по сравнению с традиционными направлениями, объём исторической и социо-политической литературы по проблематике СОК весьма невелик: многие содержательные вопросы остаются открытыми.

Мы выделили следующие черты исследовательской зрелости данного направления. Во-первых, продолжается масштабная экспансия в новом для теории СОК предметном поле, когда всё больше и больше объектов разного рода вовлекаются в исследования. Во-вторых, происходит расширение хронологических границ приложения теории СОК. Ранее явно или неявно подразумевалось, что СОК свойственна преимущественно современным обществам, однако несколько недавних исследований подтверждают тезис о том, что эффекты СОК сопровождали человечество на протяжении всей его истории. В-третьих, следует отметить в социо-гуманитарных изысканиях усложнение интерпретаций и создание продуктивных эвристических дизайнов на основании теории СОК. Инструментарий теории СОК всё более часто вводится в исследовательский дизайн как компонент смешанных методов. Продолжаются теоретические изыскания: в частности, ставятся вычислительные эксперименты, которые ведут к накоплению и детализации объяснительных схем. Сюда же можно отнести совершенствование применяемых процедур идентификации СОК и расширение эмпирической базы исследований.

В-четвёртых, поставлен вопрос о развитии мониторингового инструментария для выявления лавиноопасных периодов и участков, а также вопрос о технологиях воздействия на СОК-системы с целью пресечения катастрофических социо-политических лавин. По обоим вопросам уже есть наработки, что свидетельствует, что данное направление, помимо приращения фундаментального знания, нацелилось и на получение практико-ориентированных результатов.

В-пятых, теория СОК в истории и социо-политических дисциплинах (как, впрочем, и в естественных науках) не без оснований тяготеет к обобщениям парадигмального уровня. Соответственно появились исследования, в которых показана принципиальная – ведущая – роль эффектов СОК в длительной исторической ретроспективе и в ключевых процессах и сферах современного общества. Наконец, в-шестых, наблюдается своего рода просачивание представлений и подходов теории СОК в исследования, основанные преимущественно на качественных методах: в ряде работ интерпретации в духе теории СОК поддерживаются преимущественно или исключительно результатами качественных изысканий.

Далее в этом разделе мы детализируем обозначенные свойства современного этапа.

Абсолютное большинство работ сосредоточены на поиске и интерпретации СОК главным образом в современных социальных системах. Действительно, высокая скорость и лёгкость социально-информационных взаимодействий, внутренняя связанность, наличие

устойчивых коммуникационных каналов, мобильность, открытость к внешнему миру делают современные социумы идеальной средой для возникновения самоорганизованной критичности. Напротив, доиндустриальные общества, которые часто представляются как слабосвязанные конгломераты практически независимых сообществ (поместий и общин, ведущих натуральное хозяйство, феодальных доменов и пр.), на первый взгляд, не являются многообещающими объектами для поиска СОК.

Тем не менее, как недавно обнаружилось, если рассматривать достаточно большие социо-политические общности в течение довольно длительного исторического времени, то можно обнаружить явные признаки СОК. Это сделали П. Лю и коллеги применительно к истории Китая, которую они, следуя традиционной схеме, представили как динамику (создание и коллапс) империй. Результаты агентно-ориентированного моделирования в духе теории СОК, совпавшие с известными историческими данным, позволили исследователям сделать следующее заключение: «Социальная система и физическая система изоморфны... Сходство между моделью "кучи песка" и империей очевидно... Во-первых, процесс накопления песка похож на накопление социального напряжения в иерархической структуре империй... Во-вторых, критические состояния достигаются автоматически и для "кучи песка", и для империи... Добавление частиц песка может привести к крупномасштабному коллапсу или даже к серии цепных реакций, что похоже на хаотическое падение империй. Когда социальные проблемы накапливаются и достигают определённого уровня, небольшой кризис может привести к краху существующих империй. В истории разрушение старой империи всегда сопровождалось возникновением новых империй... Модель жизненного цикла империй в истории весьма стабильна, что может быть объяснено самоорганизованной критичностью и исследовано с помощью моделирования и, в частности, симуляции "кучи песка"»...» [\[69\]](#).

Обобщение авторов относительно «воспроизведения» империй сделано на материале многовековой истории Китая; для современных политических систем характерны как большая пластиность, так и большее разнообразие: в XX и XXI вв. далеко не всегда мы можем наблюдать автоматическое замещение одной империи другой.

Макроистории посвящена также работа Д. В. Белькова и Е. Н. Едемской, в которой «выполнен вычислительный эксперимент, показывающий самоорганизацию цивилизаций в соответствии с предлагаемой моделью (Бака-Танга-Вайзенфельда, BTW-1D). Для изучения выбраны хронологические этапы мировых цивилизаций: длительности переходных периодов, этапов становления, зрелости и упадка... Для всех процессов зависимость длительности процесса от уровня цивилизации является степенной». Это дало авторам возможность выдвинуть гипотезу о пребывании «глобальной цивилизации в состоянии самоорганизованной критичности» [\[70\]](#). Ранее продемонстрирована возможность моделирования в духе СОК в предметном поле древней истории и археологии [\[71\]](#).

Вместе с тем, вопрос об исторической глубине СОК применительно к локальным объектам остаётся открытым; хотя уже имеются данные, что СОК не является уникальным свойством лишь современных обществ. Д. С. Жуков, В. В. Канищев и С. К. Лямин показали, что признаки СОК обнаруживаются в крестьянской бунтарской активности в некоторых регионах России во второй половине XIX века [\[57-58\]](#). К. С. Кунавин зафиксировал признаки СОК в «перегретой» системе чинопроизводства в Российской империи в тот же период [\[72\]](#). А. В. и В. В. Латоновы опубликовали в «Исторической информатике» статью «Применение теории самоорганизованной критичности к анализу

либеральной повестки в прессе 1815-1825 гг.» Либеральная публикационная активность, отражавшая состояние умов части образованного класса, по мнению авторов, влияла на будущих декабристов. В динамике таковой публикационной активности обнаружился розовый шум [\[73\]](#). Авторам удалось не только формализовать состояние умов, но и «измерить» его с помощью лишь одного индикатора (и развитой теории).

Некоторые аспекты социо-политической жизни являются наиболее привлекательными для исследователей и продуктивными в плане обнаружения эффектов СОК и построения объяснительных схем через отсылки к теории СОК. Среди таковых аспектов лидируют активность (в частности, политическая) пользователей в социальных сетях и современные массовые (в частности, протестные) движения. Во-первых, в том и в другом случае люди, сообщества и их совокупности связаны таким образом, что следует ожидать появления СОК. Во-вторых, феномены и события в этих сферах продуцируют актуальные научные проблемы в связи с волной цветных революций в течение последних десятилетий и виртуализацией политики [\[43\]](#) [\[45\]](#) [\[74\]](#).

Любопытно, что СОК рассматривается не только как режим политических катаклизмов и социальных потрясений [\[117\]](#), но и как механизм научных революций. Л. Лейдесдорф и коллеги в качестве аргументов в поддержку этой гипотезы приводят, в частности, данные о степенных распределениях научных цитирований [\[75\]](#).

Функционирование сетей (любой природы) в режиме СОК стало предметом множества изысканий. Представим ключевые наработки в этой области. Б. Тадич и коллеги [\[67\]](#) [\[76\]](#) обнаружили, что некоторые Интернет-сообщества на многопользовательских платформах генерируют коллективное знание в режиме СОК. Д. С. Жуков и коллеги выдвинули и обосновали гипотезу о том, что политизированные сообщества, функционирующие в режиме СОК, являются политически мобилизованными, то есть характеризуются высокой вовлечённостью участников в жизнь сообщества. Поэтому таковые сообщества способны, очевидно, оказывать значительное (по сравнению с низкововлечёнными группами) воздействие на представления, ценности и поведение своих участников. «Сообщества в состоянии СОК демонстрируют высокую степень рефлексивности – способности воспринимать внутренние и внешние информационные импульсы, реагировать на них, распространять и размножать их. Такие сообщества также более чувствительны к социальным новациям, поскольку СОК связана с повышением трансформационного потенциала систем» [\[77\]](#).

Связь уличных насилиственных акций с возникновением розового шума в соцсетях исследована на примерах нескольких кластеров – скоплений сообществ во ВКонтакте и в Фейсбуке (принадлежит «Мета», признанной экстремистской и запрещённой в России): (1) протестные сообщества, поддерживающие импичмент Дилмы Русеф в Бразилии в 2016 году; (2) оппозиционные группы во время протестов в 2015 году и революции в 2018 году в Армении; (3) российские либеральные сообщества весной 2021 года; (4) французские группы во время восстания «жёлтых жилетов»; (5) сепаратистские и протестные группы в Китае (в Гонконге) в 2019 году [\[62\]](#) [\[77-79\]](#). Во всех эпизодах установлено, что розовый шум сопровождал информационные лавины. В ряде случаев также было показано, что такие лавины провоцировали переход виртуальной активности в уличное насилие. Таким образом, политическую мобилизацию и лавиноопасность сообществ, действительно, можно измерить.

А. В. и В. А. Дмитриевы и коллеги изучали реакции (динамические ряды ретвитов) пользователей Twitter (запрещённой в России социальной сети) на дебаты кандидатов

на пост президента США в 2016 году [\[20\]](#) [\[80\]](#). Сочетание развитых и передовых методов идентификации СОК, обширной эмпирической базы, эвристически продуктивных моделей и интерпретаций позволило этому коллективу убедительно показать наличие самоорганизованной критичности и её связь с политической мобилизацией пользователей.

М. Агуилера и коллеги, опираясь на данные об активности в Twitter (запрещённой в России социальной сети) сторонников «Движения 15 миллионов» в Испании в 2012 году, поставили задачу «понять, как топология и динамика социальных сетей соотносятся с различными формами коллективных действий и самоорганизованной координации» [\[81\]](#). Исследователи зафиксировали розовый шум: «Мы собрали 385 000 твитов о различных акциях протеста, проходивших в мае 2012 года... Мы, возможно, являемся свидетелями зарождения революции розового шума, когда важна динамика социального взаимодействия (а не конкретный передаваемый контент). Перефразируя знаменитый девиз Маршалла Маклюэна, можно сказать, что мы вступили в эпоху, когда шум является посланием» [\[81\]](#).

В нескольких исследованиях показано, что протестные движения (как сетевые всплески, так и массовое уличное насилие) являются прибежищем критичности не только в политическом, но и в естественнонаучном смысле этого слова. Ш. Ачикалын и Э. Артур предложили осмыслить «Арабскую весну» в рамках теории СОК: «Концепция самоорганизованной критичности понимает всё общество как систему и интерпретирует событие (протест молодого тунисца) не как начальное условие, а, скорее, как переломный момент, когда система, достигшая критического состояния, начинает перестраиваться в новое состояние – то есть происходит фазовый переход... В рамках такого подхода важно понимать состояние общества и его организационные интенции» [\[82\]](#). Протестные движения в Азербайджане и Иране (в 2019 и 2020 годах) К. Э. Вошинский также интерпретирует в духе теории СОК [\[83-84\]](#).

Социальные сети являются, конечно, далеко не единственным прибежищем критичности, равно как и не единственным источником социального и политического насилия. Д. С. Жуков и коллеги рассмотрели динамические ряды, в которых выражалась активность террористического подполья в двадцати странах мира, начиная с 1970-х годов (где это было возможно) вплоть до нашего времени [\[85-86\]](#). «Терроризм во многих странах является самоорганизованно-критическим феноменом. Системы в состоянии СОК способны к скачкообразному росту активности без хорошо наблюдаемых соразмерных причин... Общества "розового" типа содержат системный потенциал для значительного роста числа террористических событий... В таких обществах возможны события всех масштабов. Мощные колебания возникают под воздействием ординарных постоянных факторов, внутренне присущих системе» [\[86\]](#). Таким образом, наличие внутренних источников угроз – прежде всего, развитого террористического подполья – может быть диагностировано посредством инструментария СОК. Необходимо оговориться, что предложенный индикатор должен быть сопоставлен с результатами качественного анализа характера (и источника) насилистических акций, которые формально позиционируются как террористические. Так, например, в Индии в течение длительного времени социальный протест крестьянства (в частности, наксалитов) фиксируется правительством как терроризм. Вне зависимости от того, является ли это движение, на самом деле, террористическим или нет, в подобных случаях анализ лишь одного динамического ряда (вне контекста) недостаточен.

В ряде статей К. Тринн (в соавторстве с Л. Ньюменом)[\[87-88\]](#) распространяет объяснительные схемы СОК на обширный класс внутриполитических конфликтов. К. Тринн и Ф. Шульте[\[89-90\]](#) предприняли попытку выявить общие закономерности конфликтных событий, опираясь на эмпирическую базу, которая представляет собой формализованное описание нескольких сотен внутренних конфликтов в разных странах. Они обнаружили, что СОК характерна для эскалации конфликтов (в частности, конфликтов культурной идентичности). Это позволило им сделать ряд эвристически продуктивных заключений о механизмах и динамике конфликтов: «Мы рассматриваем конфликтное массовое поведение как лавинообразные “каскады”, чтобы облегчить понимание сложной динамики этнических и религиозных потрясений» [\[89\]](#). «Бросая вызов преобладающей линейной перспективе, мы утверждаем, что масштаб инициирующего события не имеет большого значения для объяснения интенсивности последующих этнических или религиозных потрясений... Эмоциональное возбуждение часто накапливается постепенно из-за длительного опыта дискриминации и лишений и превращается в сильное и острое чувство, которое побуждает к быстрым коллективным действиям. Цепные реакции каскадной динамики конфликтов часто сопровождаются как усилением интенсивности, так и распространением конфликтов в пространстве. Эта закономерность создаёт характерную динамику распространения волн потрясений, которые внезапно нарастают и ослабевают, пока не начинается новый цикл... Это нетривиальное поведение проистекает из сетевых эффектов в крупномасштабных ансамблях взаимодействующих компонентов: достаточно незначительных сбоев, чтобы вызвать самоусиливающиеся “эпидемические” реакции, которые распространяются по резонансным сетям мобилизации... СОК является характерной чертой тесно связанных сетей взаимодействующих индивидов. На макроуровне такие... сети самоорганизуются в критические состояния... В критическом состоянии даже незначительного возмущения достаточно, чтобы вызвать сдвиг фазы – изменение качественного состояния. Критическое состояние – это аттрактивное, длительное и спонтанно достигаемое состояние, поскольку система в целом эволюционирует к нему без необходимого внешнего вмешательства. В этом критическом состоянии запускающие события инициируют каскады, то есть эндогенно возникающие и лавинообразные “эпидемические” флюктуации, распространяющиеся по данной сети» [\[90\]](#). «Последовательность множества мелких и нескольких средних событий прерывается ограниченным количеством чрезвычайно крупных событий. Диапазон размеров потенциально простирается на несколько порядков. Во временных рядах с импульсивностью нет периодической повторяемости и очевидного нарастания интенсивности. Экстремальное событие может произойти внезапно, без предупреждения» [\[88\]](#).

Степенные законы определённого вида в результатах функционирования систем являются следом СОК (хотя, скорее всего, их нельзя назвать следствием исключительно СОК); а распределение Парето с определёнными допущениями можно рассматривать как возможное проявление степенного закона. Широта распространения распределения Парето хорошо известна. Эти обстоятельства вдохновили ряд исследователей на поиск доказательств связи СОК и «естественного» для социальных институтов неравенства.

В 2023 году большой коллектив авторов (С. Бенерджи и коллеги) опубликовал две статьи [\[91-92\]](#), в которых с привлечением эмпирики из разных сфер социальной жизни авторы обосновывают универсальность источника общественного неравенства. Таковым источником они считают самоорганизованную критичность социальных систем. В итоге большого обзора данных исследователи пришли к заключению, что величины двух

индексов неравенства – Джини и Калькутты – приближаются друг к другу по мере роста конкуренции в различных социальных и политических сферах. При неограниченной конкуренции эти два показателя становятся равными и стабилизируются около 0,87. Авторы предлагают рассматривать такую ситуацию как «обобщённую версию закона Парето»: «Закон Парето 80/20, согласно которому 80% богатства оказывается в руках 20% самых богатых членов общества, традиционно используется в качестве ориентира для измерения степени крайнего социального неравенства» [\[91\]](#). Авторы вычислили индексы неравенства для следующих наборов данных: колебания цены биткоина, индексы цитирования учёных, результаты выборов (голоса, полученные различными кандидатами на парламентских выборах в Индии в 2014 и 2019 годах), доходы американских налогоплательщиков (по отчётам Налоговой службы США с 1983 по 2018 год), доходы киноиндустрии в США (Голливуд) и Индии (Болливуд) с 2011 по 2019 год, результаты Олимпийских игр (распределение наград между странами-участницами), смертность от военных столкновений, террористических актов и стихийных бедствий.

«В условиях неограниченной конкуренции – в отсутствии каких-либо уравнительных мер – примерно 87% богатства принадлежат 13-ти процентам населения. Аналогичным образом распределены цитирования между учёными, голоса избирателей между кандидатами и олимпийские медали между странами. Это можно рассматривать как количественную и универсальную (для всех социальных секторов) версию закона 80/20, наблюдавшегося Парето более века назад» [\[91\]](#). Внутренне присущая обществу, по мнению авторов, самоорганизованная критичность, генерирует распределения Парето во всех сферах жизни. «Сделанные нами наблюдения, – резюмируют С. Бенерджи и коллеги, – служат количественной поддержкой, выдвинутой несколько лет назад идеи о том, что функционирующие социально-экономические системы можно рассматривать в рамках СОК» [\[91\]](#). Авторы не уточняют предметные границы для сделанного ими обобщения. Поэтому можно сказать, что вопрос о конкретных социальных механизмах, возможно порождающих эффекты СОК, они оставляют открытым или трактуют в целом общество в духе Г. Бранка – как большую СОК-систему.

Признание широкой распространённости СОК в разнообразных системах поставило вопрос о контроле над лавинами и, если рассматривать вопрос шире, об искусственном выводе систем из состояния СОК без разрушения их сущностных свойств. Теоретические наработки по этому вопросу основываются на вычислительных экспериментах с СОК-моделями, в частности, с «кучей песка». На данный момент предложено два варианта стратегий, призванных препятствовать образованию лавин, то есть крупных событий в системе. Первый вариант сводится к «строительству плотин» – к «укреплению» лавиноопасных участков в ручном режиме; второй – к преднамеренному созданию на лавиноопасных участках небольших оползней (сбросов напряжения), пока управляющий параметр (например, наклон склона) не достиг критического значения. Оба варианта, как оказалось, сталкиваются с некоторыми трудностями.

П. Сай и Р. Батак провели серию экспериментов с «кучей песка», воспроизводящими «простой и интуитивно привлекательный» способ стабилизировать самоорганизующуюся систему: места, где сошли лавины, восстанавливаются и укрепляются сообразно величине лавин. Авторы констатировали, что «в случае конечного времени... укрепления уменьшают вероятность возникновения очень больших лавин, что приводит к эффективной глобальной стабилизации». Однако при увеличении времени эксперимента СОК вновь возникает в системе, генерируя лавины. «Есть соблазн рассматривать это как иллюстрацию вмешательства и контроля, – отмечают исследователи. – ...Однако механизм стабилизации, который на несколько порядков превышает физические

ограничения [реальной системы], просто несостоителен» [\[93\]](#). Слишком большие затраты усилий дают лишь кратковременный результат.

Д. Кажуэйро и Р. Андраде использовали несколько СОК-моделей, чтобы протестировать второй вариант борьбы с разрушительными крупномасштабными лавинами: «Управляющее воздействие (на модель в ходе экспериментов), которое сводится к запуску (небольших) лавин в местах, которые близки к тому, чтобы стать критическими, снижает вероятность очень крупных событий, так что рассеивание энергии происходит локально... Предлагаемая схема управления стремится к компромиссу между стоимостью управления и риском катастрофических событий... Наши результаты показывают, что эта простая схема управления снижает риск крупных лавин в СОК-моделях» [\[94\]](#). Другая работа тех же авторов посвящена приложению рассмотренных методов управления к моделям сетей [\[95\]](#).

Однако авторы указывают и на техническую трудность такого подхода: стратегия контролируемых локальных релаксаций остро нуждается в постоянном мониторинге с целью оперативного выявления лавиноопасных участков и лавиноопасных периодов.

Наш обзор затрагивает проникновение идей СОК главным образом в историю, политологию и социологию. Однако сходная ситуация сложилась и в сопредельных науках, изучающих другие аспекты сущности человека и общества: в экономике [\[96-98\]](#), организационной теории [\[99-101\]](#), физиологии человека (включая нейрофизиологию) [\[102\]](#), психологии [\[103\]](#), лингвистике [\[104-105\]](#), урбанистике [\[106-107\]](#) и пр. Продолжаются масштабные усилия по развитию теории СОК и по изучению поведения моделей (как правило, агентно-ориентированных), которые могут демонстрировать СОК [\[76\]](#) [\[93\]](#) [\[108-113\]](#).

Показательно, что обзор статей в базе Web of Science, позиционирующих самоорганизованную критичность в качестве фундаментального свойства нервной системы человека, содержит более 140 публикаций. Авторы обзора – Н. Вальтер и Т. Хинтенбергер – фиксируют промежуточные результаты экспансии СОК в нейрофизиологии: «СОК представляет собой конкурентоспособную модель для описания физических механизмов, лежащих в основе... мозговой активности; критическая динамика была предложена в качестве общего показателя..., который является многообещающим кандидатом на роль суррогатного показателя сознания» [\[102\]](#).

Многообразие воплощений СОК в человеке, в его коллективной жизнедеятельности и в его непосредственном окружении инициировало стремление к философскому осмыслинию места и роли теории СОК в эвристике наук о человеке и в картине мира, которую они продуцируют. Пример интеграции идей СОК в философию – статья О. В. Головашиной: «Описывая кучу песка,... П. Бак, в целом, вполне соответствует пропагандируемой сторонниками акторно-сетевой теории (ACT) несимметричной вселенной. Характерные черты самоорганизованных систем – инвариантность, целостность, иерархичность, необратимость, уникальность – в полной мере можно назвать чертами объектов, изучаемых ACT... Таким образом, оба, и Латур, и Бак, соглашались с тем, что стабильность – это исключение. ACT и СОК – дискурс нелинейного мира... Однако СОК представляет собой объяснительную метатеорию, направленную на выявление универсальных закономерностей, что противоречит принципу ирредукции, на котором настаивают сторонники ACT» [\[114\]](#).

Две работы Д. С. Жукова также посвящены философским и метаметодологическим аспектам освоения идей СОК в социо-гуманитарных дисциплинах. В статье «Прерывистое равновесие: взгляд с позиции теории самоорганизованной критичности» [17] развивается тезис о том, что теория СОК может объяснить прерывистое равновесия в социальной сфере, воплощения которого (хрупкость, политическая «турбулентность», нестабильность и т.п.), как уже общепризнанно, решительным образом меняют современный мир. Вторая статья [15] показывает вклад теории СОК в разъяснение фундаментальной загадки о соотношении случайности и закономерности, человеческой воли и «исторической необходимости». Теория СОК, полагает автор, представляет собой логичный этап более чем трёхсотлетней эволюции междисциплинарных парадигм. Она обосновывает утверждение, что в критических социальных системах в течение длительного (даже по историческим меркам) времени случайное несильное локальное событие (которое можно отождествить, например, с проявлением свободной воли отдельного человека), может оказывать решающее влияние на развитие всей системы [15].

## Заключение

Освоение в социо-гуманитарных науках (в частности, в истории, политологии и социологии) подходов и инструментария теории самоорганизованной критичности, фактически, оформилось в междисциплинарное направление. Перечисление предметных областей, в которых была обнаружена СОК в представленных выше работах, даёт весьма обширный список: это войны и внутриполитические конфликты, протесты и народные бунты, терроризм и уголовные преступления, электоральные и демографические процессы. Это далеко не полный список. Множественность проявлений СОК соответствует духу теории, претендующей единообразно объяснить многообразные феномены – от интенсивности свечения звёзд до активности головного мозга человека [16].

Современная литература свидетельствует, что СОК обнаруживается в социальных процессах и, более того, самоорганизованная критичность ответственна за некоторые контр-интуитивные свойства таковых процессов: нарушение привычной соразмерность причин и следствий, каскады катастроф, «беспричинные» всплески активности пр. Теория СОК лаконично и весьма продуктивно объясняет свойства и динамику систем в переходные периоды – когда они проходят по грани между порядком и хаосом. Однако на данный момент нет требуемого объёма эмпирических данных, однозначно свидетельствующих в пользу утверждения, что СОК является всеобщим – общеобязательным – свойством социальной реальности, как предполагал Г. Бранк. СОК фиксируется не всегда – не во всех исторических и даже современных динамических рядах.

Некоторые утверждения Г. Бранка, взявшего на себя неблагодарную роль полемиста, возможно, не нашли подтверждения в их дословном прочтении. Но Г. Бранк, полагаем, указал правильные ориентиры для рассматриваемого научного направления: самоорганизованная критичность заняла важное место в современном понимании социальной реальности.

Ныне точно установлено, что многие исторические процессы (в том числе в доиндустриальную эпоху) вписываются в теорию СОК. Маркеры СОК, кроме того, во множестве обнаруживаются в современных процессах – даже тех, которые кажутся «нормальными», обыденными – не обещающими крупных потрясений.

Тем не менее, как мы знаем теперь, социальная реальность лишь отчасти соответствует гиперболизированному описанию Г. Бранка. Большинство процессов (и в истории, и в современности) протекают без СОК, они достаточно стабильны, катастрофы в них происходят редко. СОК возникает не всегда и не везде; но там, где возникает, она принципиально меняет поведение и развитие систем. Именно в такие периоды – в эти «минуты роковые» – происходят резкие перемены, фазовые переходы.

Традиционные линейные схемы испытывают затруднения при интерпретации некоторых революций, восстаний, распадов государств, войн и прочих социальных катализмов, возникших, казалось бы, из пустоты – без заметного периода подготовки и веских причин. Подобные события (порой трагические) меняют мир. Для их объяснения теория СОК предоставляет удобный и продуктивный набор идей и инструментов. Теория СОК подталкивает исследователя перефокусировать внимание с поиска соразмерных экстраординарных причин (не отрицая, впрочем, возможность существования таковых) на диагностику состояния системы в целом – «на рассмотрение её структуры и принципов функционирования, процессов накопления напряжения и “вспышек” релаксации» [\[15\]](#).

Несмотря на то, что теория СОК настаивает на принципиальной невозможности точного предсказания места и даты начала лавин (в т.ч. социальных катастроф), она снабжает исследователя удобным индикатором (в виде розового шума и, в определённой мере, степенных распределений) для выявления лавиноопасных участков и периодов.

Ныне совокупность исследований с применением теории СОК в истории и социо-политических науках приобрела черты зрелого направления – пусть пока малоосвещённого, имеющего множество лакун, но здраво продуктивного и многообещающего.

## Библиография

1. Axelrod R. Advancing the art of simulation in the social sciences // *Simulating Social Phenomena* / ed. Conte R., Hegselmann R., Terna P. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1997. P. 21-40. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-03366-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-03366-1_2)
2. Epstein J.M. Why model? // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2008. Vol. 11. Issue 4. <https://www.jasss.org/11/4/12.html>
3. Акофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах. М.: Сов. радио, 1974. 272 с.
4. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
5. Данилов Ю.А. Лекции по нелинейной динамике. Элементарное введение. 2-е изд. М.: КомКнига, URSS, 2006. 208 с.
6. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики: человек, конструирующий себя и своё будущее. 3-е изд. М.: КомКнига, URSS, 2010. 264 с.
7. Lansing J.S. Complexity: An emerging trend in social sciences // *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences*. Ed. by Robert A. Scott and Stephen M. Kosslyn. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2015. <https://doi.org/10.1002/9781118900772.etrds0048>
8. Бородкин Л.И. Методология анализа неустойчивых состояний в политico-исторических процессах // *Международные процессы*. 2005. Т. 3. № 1(7). С. 4-16. EDN: OIIHXT
9. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized criticality // *Physical Review A*. 1988. Vol. 38. Issue 1. P. 364-374. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.38.364> EDN: SPYERV
10. Sneppen K., Bak P., Flyvbjerg H., Jensen M.H. Evolution as a self-organized critical phenomenon // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1995. Vol. 92. Issue 11. P. 5209-5213. <https://doi.org/10.1073/pnas.92.11.5209>

11. Bak P. *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*. New York: Copernicus, 1996. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5426-1>
12. Малинецкий Г.Г. Чудо самоорганизованной критичности // Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2013в. С. 13-44.
13. Подлазов А.В. Новые математические модели, методы и характеристики в теории самоорганизованной критичности. Диссертация... кандидата физико-математических наук. Москва: Ордена Ленина Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2001. 120 с. EDN: ONMBBM
14. Jensen M.H. Per Bak (1947-2002) // *Nature*. 2002. Vol. 420. Issue 6913. P. 284-284. <https://doi.org/10.1038/420284a>
15. Zhukov D.S. Personality and society in the theory of self-organized criticality // *Changing Societies & Personalities*. 2023. Vol. 7. Issue 2. P. 10-33. <https://doi.org/10.15826/csp.2023.7.2.229> EDN: PYGFZR
16. Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2013. 276 с.
17. Жуков Д.С. Прерывистое равновесие: взгляд с позиции теории самоорганизованной критичности // МЕТОД. 2020. № 10. С. 416-442. <https://doi.org/10.31249/metod/2020.10.19> EDN: TGVUMG
18. Gutenberg-Richter // Open Mind. Science, Politics, Life, the Universe, and Everything. April 7, 2012. URL: <https://tamoto.wordpress.com/2012/04/07/gutenberg-richter/>
19. Подлазов А.В. Теория самоорганизованной критичности – наука о сложности // Будущее прикладной математики. Лекции для молодых исследователей. М.: Эдиториал УРСС, 2005. С. 404-426.
20. Dmitriev A., Dmitriev V. Identification of self-organized critical state on Twitter based on the retweets' time series analysis // *Complexity*. 2021. Vol. 2021. Issue 1. P. 6612785. <https://doi.org/10.1155/2021/6612785> EDN: CKIQZL
21. Pinto C.M.A., Lopes A.M., Machado J.A.T. A review of power laws in real life phenomena // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2012. Vol. 17. Issue 9. С. 3558-3578. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2012.01.013> EDN: PIISHX
22. Definition and Origin of Harmonics // Power Quality Blog. 2023, 10 February. URL: [https://www.electrical-installation.org/enwiki/Definition\\_and\\_origin\\_of\\_harmonics](https://www.electrical-installation.org/enwiki/Definition_and_origin_of_harmonics) (дата доступа: 25.07.2025).
23. Weisbuch G., Solomon S., Stauffer D. *Social Percolators and Self Organized Criticality // Economics with Heterogeneous Interacting Agents* Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. / Ed. by A. Kirman, J.-B. Zimmermann. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2001. Pp. 43-55. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-56472-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-56472-7_4)
24. Ковальченко И.Д. О моделировании исторических процессов и явлений // Вопросы истории. 1978. № 8. С. 22-34. EDN: XPJIGT
25. Ковальченко И.Д., Бородкин Л.И. Структура и уровень аграрного развития районов Европейской России на рубеже XIX-XX вв. // История СССР. 1981. № 1. С. 76-99. EDN: SCJHFD
26. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. Изд. 2-ое. М.: Эдиториал УРСС, 2001. (См. главу 2 "Возможна ли теоретическая история?"). EDN: RAOMWJ
27. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В. Историческая динамика. Взгляд с позиций синергетики // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2004. № 85. С. 1-16. EDN: PFNPSX
28. Бородкин Л.И. Бифуркации в процессах эволюции природы и общества: общее и особенное в оценке И. Пригожина // Информационный бюллетень ассоциации История и компьютер. 2002. № 29. С. 143-157. EDN: SDAKJT

29. Бородкин Л.И. "Порядок из хаоса": концепции синергетики в методологии исторических исследований // Новая и новейшая история. 2003. № 2. С. 98-118. EDN: OOGXON
30. Бородкин Л.И. Вызовы нестабильности: концепции синергетики в изучении исторического развития России // Уральский исторический вестник. 2019. № 2 (63). С. 127-136. [https://doi.org/10.30759/1728-9718-2019-2\(63\)-127-136](https://doi.org/10.30759/1728-9718-2019-2(63)-127-136) EDN: JKJEXD
31. Малинецкий Г.Г. Синергетика – от прошлого к будущему // Моделирование и анализ информационных систем. 2012. Т. 19. № 3. С. 5-31. EDN: PEIQNN
32. Малинецкий Г.Г. Синергетика, междисциплинарность и постнеклассическая наука XXI века // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2013а. № 51. С. 1-36. EDN: QJFSCJ
33. Малинецкий Г.Г. Теория самоорганизации. На пороге IV парадигмы // Компьютерные исследования и моделирование. 2013б. Т. 5. № 3. С. 315-366.  
<https://doi.org/10.20537/2076-7633-2013-5-3-315-336> EDN: RVBMDF
34. Гарскова И.М. Основные направления развития исторической информатики в конце XX – начале XXI в. // Вестник Московского университета. Серия 8: История. 2010. № 6. С. 75-103. EDN: NCPBWB
35. Турчин П. Перспективы математической истории. Существует ли качественное различие между исторической и естественными науками? // История и математика: концептуальное пространство и направления поиска. М.: URSS, 2007. С. 8-18.
36. Turchin P., Nefedov S.A. Secular Cycles. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2009.  
<https://doi.org/10.1515/9781400830688>
37. Белотелов Н.В., Бродский Ю.И., Павловский Ю.Н. Сложность. Математическое моделирование. Гуманитарный анализ: исследование исторических, военных, социально-экономических и политических процессов. М.: Либроком, 2009. EDN: QWUTUR
38. Гринин Л.Е., Коротаев А.В. Циклы, кризисы, ловушки современной мир-системы. Москва: УРСС, 2012. EDN: QVGSFХ
39. Малков С.Ю. Социальная самоорганизация и исторический процесс. Возможности математического моделирования. М.: УРСС, 2009. EDN: QOJOTR
40. Нефёдов С.А., Турчин П.В. Опыт моделирования демографически-структурных циклов // История и математика. Макроисторическая динамика общества и государства. Под ред.: С.Ю. Малков, Л.Е. Гринин, А.В. Коротаев. Москва: КомКнига, 2007. С. 153-167.
41. Сморгунов Л.В. Сложность в политике: некоторые методологические направления исследований // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 6: Философия. Культурология. Политология. Право. Международные отношения. 2012а. № 4. С. 90-101. EDN: PMEBFR
42. Сморгунов Л.В. Сложные системы и событийное политическое знание // Вестник Российского гуманитарного научного фонда. 2012б. № 3 (68). С. 70-71. EDN: UCOKNF
43. Володенков С.В., Федорченко С.Н., Печенкин Н.М. Риски, угрозы и вызовы современных социально-политических коммуникаций в условиях развития искусственного интеллекта и нейросетевых технологий // Политическая экспертиза: ПОЛИТЭКС. 2024. Vol. 20. № 3. P. 474-494. DOI: 10.21638/spbu23.2024.307 EDN: ODHOPRН
44. Turcotte D.L. Self-organized criticality // Reports on Progress in Physics. 1999. Vol. 62. Issue 10. Pp. 1377. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/62/10/201> EDN: AYNMCX
45. Turcotte D.L., Rundle J.B. Self-organized complexity in the physical, biological, and social sciences // PNAS. 2002. Vol. 99. Issue 1. Pp. 2463-2465.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.012579399>
46. Roberts D.C., Turcotte D.L. Fractality and self-organized criticality of wars // Fractals. 1998. Vol. 6. Issue 4. P. 351-358. <https://doi.org/10.1142/S0218348X98000407> EDN: ESDKWP

47. Cederman L.-E. Modeling the size of wars: From billiard balls to sandpiles // *American Political Science Review*. 2003. Issue 1. P. 135-150.  
<https://doi.org/10.1017/S0003055403000571> EDN: FOQFRR
48. Kron T., Grund T. Society as a self-organized critical system // *Cybernetics & Human Knowing*. 2009. Vol. 16. Issue 1-2. P. 65-82.
49. Maulana A., Situngkir H. Power laws in elections // *SSRN*. 2010. Available at: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1660603> <https://doi.org/10.2139/ssrn.1660603>
50. Buchanan M. *Ubiquity. The Science of History... or Why the World is Simpler Than We Think*. London: Weidenfeld & Nicolson, 2000.
51. Brunk G.G. Understanding self-organized criticality as a statistical process // *Complexity*. 2000. T. 5. Issue 3. C. 26-33. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0526\(200001/02\)5:33.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0526(200001/02)5:33.0.CO;2-C)
52. Brunk G. G. Self-Organized Criticality: A New Theory of Political Behaviour and Some of Its Implications // *British Journal of Political Science*. 2001. T. 31. Issue 2. C. 427-445. <https://doi.org/10.1017/S0007123401000163> EDN: FOGPNL
53. Brunk G. G. Why Are So Many Important Events Unpredictable? Self-Organized Criticality as the "Engine of History" // *Japanese Journal of Political Science*. 2002a. T. 3. Issue 1. C. 25-44. <https://doi.org/10.1017/S1468109902000129> EDN: FOFZLT
54. Brunk G. G. Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality // *Journal of Theoretical Politics*. 2002b. T. 14. Issue 2. C. 195-230. <https://doi.org/10.1177/095169280201400203> EDN: JOCJUF
55. Frigg R. Self-organised criticality – what it is and what it isn't // *Studies in History and Philosophy of Science Part A*. 2003. Vol. 34. Issue 3. C. 613-632. [https://doi.org/10.1016/S0039-3681\(03\)00046-3](https://doi.org/10.1016/S0039-3681(03)00046-3) EDN: LQJGVB
56. Shimada I., Koyama T. A theory for complex system's social change: An application of a general 'criticality' model // *Interdisciplinary Description of Complex Systems*. 2015. Vol. 13. Issue 3. P. 342-353. <https://doi.org/10.7906/idecs.13.3.1>
57. Жуков Д.С., Канищев В.В., Лямин С.К. Исследование интенсивности крестьянских волнений в Российской Федерации во второй половине XIX в. средствами теории самоорганизованной критичности // *Историческая информатика*. 2017. № 1. С. 38-51. <https://doi.org/10.7256/2306-0891.2017.1.22145> EDN: ZXPJTD
58. Zhukov D. S., Kanishchev V. V., Lyamin S. K. Social movements viewed in the context of self-organized criticality theory // *Acesso Livre*. 2017. Issue 8. P. 75-91.
59. Жуков Д.С., Канищев В.В., Лямин С.К. Возможности использования теории самоорганизованной критичности в изучении демографических процессов в российском позднем аграрном обществе // *Историческая информатика*. 2014. № 1. С. 70-91. EDN: TPILXD
60. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. Application of the theory of self-organized criticality to the investigation of historical processes // *Sage Open*. 2016. Vol. 6. Issue 4. <https://doi.org/10.1177/2158244016683216> EDN: YUYUTH
61. Zhukov D. How the theory of self-organized criticality explains punctuated equilibrium in social systems // *Methodological Innovations*. 2022. Vol. 15. Issue 2. P. 163-177. <https://doi.org/10.1177/20597991221100427> EDN: PPKAOC
62. Barabash N., Zhukov D. Can self-organized criticality theory help identify political mobilization on social media? // *ESSACHESS – Journal for Communication Studies*. 2020. Vol. 13. Issue 1. P. 155-177. EDN: AWUWIO
63. Picoli S., Castillo-Mussot M. del, Ribeiro H. V., Lenzi E. K., Mendes R. S. Universal bursty behaviour in human violent conflicts // *Scientific Reports*. 2014. Vol. 4. Pp. 1-3. <https://doi.org/10.1038/srep04773> EDN: SPJINB
64. Ramos M., Calvão A.M., Anteneodo C. Statistical patterns in migrating behavior //

- PLoS ONE. 2015. Vol. 10. Issue 8. P. e0136083.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136083> EDN: VFQRWN
65. Lopes A.M., Tenreiro Machado J.A. Power law behavior and self-similarity in modern industrial accidents // International Journal of Bifurcation and Chaos. 2015. Vol. 25. Issue 01. P. 1550004. <https://doi.org/10.1142/S0218127415500042> EDN: UUDTWZ
66. Thietart R.-A. Strategy dynamics: Agency, path dependency, and self-organized emergence // Strategic Management Journal. 2016. Vol. 37. No 4. C. 774-792.  
<https://doi.org/10.1002/smj.2368>
67. Tadić B., Dankulov M.M., Melnik R. Mechanisms of self-organized criticality in social processes of knowledge creation // Physical Review E. 2017. Vol. 96. Issue 3. P. 032307.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.032307> EDN: YIQFOE
68. Малков А.С., Зинькина Ю.В., Коротаев А.В. К математическому моделированию степенных и сверхстепенных распределений в социальных системах // История и математика. Отв. ред. Л.Е. Гринин, А.В. Коротаев. Волгоград; Учитель., 2018. С. 148-176. EDN: XUYRLV
69. Lu P., Yang H., Li M., Zhang Z. The sandpile model and empire dynamics // Chaos, Solitons & Fractals. 2021. Vol. 143. P. 110615. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110615> EDN: JOPZGU
70. Бельков Д.В., Едемская Е.Н. Моделирование истории цивилизаций на основе самоорганизованной критичности // Информатика и кибернетика. 2022. № 1(27). P. 17-24. EDN: TEPIRF
71. Griffin A.F. Emergence of Fusion/Fission Cycling and Self-Organized Criticality from a Simulation Model of Early Complex Polities // Journal of Archaeological Science. 2011. Vol. 38. Issue 4. Pp. 873-883. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.11.017>
72. Кунавин К.С. «Единственно от высочайшего соизволения»? Высшее гражданское чинопроизводство в России XIX – начала XX в. сквозь призму теории самоорганизованной критичности // Историческая информатика. 2019. № 4. С. 74-89. DOI: 10.7256/2585-7797.2019.4.31544 URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=31544](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=31544)
73. Латонов В.В., Латонова А.В. Применение теории самоорганизованной критичности к анализу либеральной повестки в прессе 1815-1825 гг // Историческая информатика. 2022. № 3. С. 156-165. DOI: 10.7256/2585-7797.2022.3.38752 EDN: DSJVGG URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=38752](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=38752)
74. Бронников И.А., Горбачев М.В., Гераскин И.И. Онтологические аспекты политической коммуникации в новой информационной реальности // Политическая концептология: журнал метадисциплинарных исследований. 2022. № 1. P. 149-16.  
<https://doi.org/10.18522/2218-5518.2022.1.149161> EDN: HGFUMA
75. Leydesdorff L., Wagner C.S., Bornmann L. Discontinuities in citation relations among journals: self-organized criticality as a model of scientific revolutions and change // Scientometrics. 2018. Vol. 116. Issue 1. P. 623-644. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2734-6> EDN: JAPVFP
76. Tadić B., Mitrović Dankulov M., Melnik R. Evolving cycles and self-organised criticality in social dynamics // Chaos, Solitons & Fractals. 2023. Vol. 171. P. 113459.  
<https://doi.org/10.1016/j.chaos.2023.113459> EDN: GYWCEO
77. Жуков Д.С. Самоорганизованная критичность в социальных медиа: методы изучения политической мобилизации в Сети // Журнал политических исследований. 2019. Т. 3. № 2. С. 11-23. EDN: KAMLIP
78. Жуков Д.С., Лямин С.К. Революции в Сети: приложение теории самоорганизованной критичности к изучению протестных движений // Историческая информатика. 2017а. № 4. С. 11-43. <https://doi.org/10.7256/2585-7797.2017.4.24559> EDN: ZXRLKD

79. Zhukov D., Kunavin K., Lyamin S. Online rebellion: Self-organized criticality of contemporary protest movements // Sage Open. 2020. Vol. 10. Issue 2. P. 2158244020923354. <https://doi.org/10.1177/2158244020923354> EDN: VLDMCA
80. Dmitriev A., Lebedev A., Kornilov V., & Dmitriev V. Twitter self-organization to the edge of a phase Transition: Discrete-time model and effective early warning signals in phase space // Complexity. 2023a. Vol. 2023. Issue 1. P. 3315750. <https://doi.org/10.1155/2023/3315750> EDN: QBNRNG
81. Aguilera M., Morer I., Barandiaran X., Bedia M. Quantifying political self-organization in social media. Fractal patterns in the Spanish 15M movement on Twitter // Artificial Life Conference Proceedings 13. MIT Press, 2013. P. 395-402. <https://doi.org/10.7551/978-0-262-31709-2-ch057>
82. Açıkalın Ş.N., Artun E.C. The concept of self-organized criticality: The case study of the Arab Uprising // Chaos, Complexity and Leadership 2017. Ed. By Erçetin Ş.Ş., Potas N. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 73-85. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-89875-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-89875-9_7)
83. Вощинский К.Е. Концепция самоорганизованной критичности: на примере протестной активности в Иране и Азербайджане // Астраполис: Астраханские политические исследования. Астрахань: Издательский дом "Астраханский университет", 2021. С. 182-188. EDN: PVQJDC
84. Вощинский К. Политический протест в контексте проблемы национальной безопасности: теоретический обзор // Caspium Securitatis: журнал каспийской безопасности. 2023. Vol. 3. № 4. P. 69-80. DOI: 10.54398/2713024X\_2023\_3\_4\_69 EDN: KMMYCL
85. Жуков Д.С. Применение теории самоорганизованной критичности для исследования террористической активности // История и Математика. Отв. ред. Л.Е. Гринин, А.В. Коротаев. Волгоград: Изд-во "Учитель", 2018. С. 177-199. EDN: OWVXWW
86. Barabash N.S., Zhukov D.S. Terrorism as a self-organised criticality phenomenon // International Journal of Conflict and Violence. 2018. Vol. 12. No 1. P. 1-13.
87. Trinn C. Criticality, entropy and conflict // Systems Research and Behavioral Science. 2018. Vol. 35. Issue 6. P. 746-758. <https://doi.org/10.1002/sres.2516>
88. Trinn C., Naumann L. Guns and lightning: Power law distributions in intrastate conflict intensity dynamics // Conflict Management and Peace Science. 2023. Vol. 40. Issue 4. P. 373-397. <https://doi.org/10.1177/07388942221092126> EDN: SFJEIY
89. Schulte F., Trinn C. Collective emotions, triggering events, and self-organization: The forest-fire model of cultural identity conflict escalation // Aggression and Violent Behavior. 2024. Vol. 78. P. 101954. <https://doi.org/10.1016/j.avb.2024.101954> EDN: VACSPK
90. Schulte F., Trinn C. The magnitude of triggering events and the nonlinear dynamics of ethnic and religious upheavals // Conflict Resolution Quarterly. 2025. <https://doi.org/10.1002/crq.21478> <https://doi.org/10.1002/crq.21478>
91. Banerjee S., Biswas S., Chakrabarti B. K., Ghosh, A., Mitra M. Sandpile universality in social inequality: Gini and Kolkata measures // Entropy. 2023a. Vol. 25. Issue 5. P. 2350048. <https://doi.org/10.3390/e25050735> EDN: QZTSVE
92. Banerjee S., Biswas S., Chakrabarti B. K., Challagundla S. K., Ghosh A., Guntaka S. R., Koganti H., Kondapalli A.R., Maiti R., Mitra M., Ram D.R.S. Evolutionary dynamics of social inequality and coincidence of Gini and Kolkata indices under unrestricted competition // International Journal of Modern Physics C. 2023b. Vol. 34. Issue 04. <https://doi.org/10.1142/S0129183123500481> EDN: CCNOIO
93. Sy P.B., Batac R.C. The role of intervention mechanisms on a self-organized system: Dynamics of a sandpile with site reinforcement // Journal of Physics: Complexity. 2024. Vol. 5. Issue 1. P. 015012. <https://doi.org/10.1088/2632-072X/ad28ff> EDN: KIW MIO

94. Cajueiro D.O., Andrade R.F.S. Controlling self-organized criticality in sandpile models // *Physical Review E*. 2010a. Vol. 81. Issue 1. P. 015102.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.81.015102>
95. Cajueiro D.O., Andrade R.F.S. Controlling self-organized criticality in complex networks // *The European Physical Journal B*. 2010b. Vol. 77. Issue 2. P. 291-296.  
<https://doi.org/10.1140/epjb/e2010-00229-8> EDN: OMVLAV
96. Мазуров М.Е. О прогнозировании финансовых временных рядов с помощью метода самоорганизованной критичности // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2014. № 3. С. 153-157. EDN: SFUJOX
97. Eser R., Eren E. Kendi kendine organuze olan kritiklik ve firma büyümeye dinamikleri // *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*. 2021. Vol. 58. Issue 656. P. 179-206.
98. Dmitriev A., Lebedev A., Kornilov V., Dmitriev V. Self-organization of the stock exchange to the edge of a phase transition: empirical and theoretical studies // *Frontiers in Physics*. 2025. Vol. Volume 12-2024. <https://doi.org/10.3389/fphy.2024.1508465> EDN: YJTRSU
99. Accard P. Criticality: How changes preserve stability in self-organizing systems // *Organization Studies*. 2019. Vol. 40. Issue 11. P. 1613-1629.  
<https://doi.org/10.1177/0170840618783342>
100. Zhang Y., Yu Q., Ji P., Yu T., Li L. Analysis of self-organized criticality in complex manufacturing systems // 2023 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). 2023. P. 3876-3881. <https://doi.org/10.1109/SMC53992.2023.10394160>
101. Moran J., Pijpers F.P., Weitzel U., Bouchaud J.-P., Panja D. Critical fragility in sociotechnical systems // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2025. Vol. 122. Issue 9. P. e2415139122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2415139122> EDN: YNXMIT
102. Walter N., Hinterberger T. Self-organized criticality as a framework for consciousness: A review study // *Frontiers in Psychology*. 2022. Vol. 13-2022.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.911620> EDN: UZMQOF
103. Ramos R.T., Sassi R.B., Piqueira J.R.C. Self-organized criticality and the predictability of human behavior // *New Ideas in Psychology*. 2011. Vol. 29. Issue 1. P. 38-48.  
<https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2009.12.001>
104. Gromov V.A., Migrina A.M. A Language as a Self-Organized Critical System // *Complexity*. 2017. Vol. 2017. P. 9212538. <https://doi.org/10.1155/2017/9212538> EDN: JGKOSA
105. Tang X., Ye H. Metaphorical language change is self-organized criticality // *Corpus Linguistics and Linguistic Theory*. 2024. Vol. 20. Issue 1. P. 37-67.  
<https://doi.org/10.1515/cllt-2022-0016> EDN: ULNVCX
106. Batty M., Xie Y. Self-organized criticality and urban development // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 1999. Vol. 3. Issue 2-3. Pp. 109-124.  
<https://doi.org/10.1155/S1026022699000151>
107. Krafta R., da Silva E.L.B. Self-organized criticality and urban form system dynamics with reference to a Brazilian city // *Area Development and Policy*. 2020. Vol. 5. Issue 3. P. 324-333. <https://doi.org/10.1080/23792949.2019.1631124>
108. Meng Q.-K. Self-organized criticality in small-world networks based on the social balance dynamics // *Chinese Physics Letters*. 2011. Vol. 28. Issue 11. P. 118901.  
<https://doi.org/10.1088/0256-307X/28/11/118901> EDN: PHXAUT
109. Wang Y., Fan H., Lin W., Lai Y.-C., Wang, X. Growth, collapse and self-organized criticality in complex networks // *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. Issue 1. P. 24445.  
<https://doi.org/10.1038/srep24445> EDN: WSFUSL
110. Mahmoodi K., West B.J., Grigolini P. Self-organized temporal criticality: Bottom-up resilience versus top-down vulnerability // *Complexity*. 2018. Vol. 2018. P. 8139058.  
<https://doi.org/10.1155/2018/8139058>

111. Dmitriev A., Kornilov V., Dmitriev V., Abbas, N. Early warning signals for critical transitions in sandpile cellular automata // *Frontiers in Physics*. 2022. Vol. Volume 10-2022. <https://doi.org/10.3389/fphy.2022.839383> EDN: ZPHQNК
112. Dmitriev A., Lebedev A., Kornilov V., Dmitriev V. Effective precursors for self-organization of complex systems into a critical state based on dynamic series data // *Frontiers in Physics*. 2023b. Vol. Volume 11-2023. <https://doi.org/10.3389/fphy.2023.1274685> EDN: TTXUAS
113. Volchenkov D. Multiplicative renormalization of stochastic differential equations for the abelian sandpile model // *Dynamics*. 2024. Vol. 4. Issue 1. P. 40-56. <https://doi.org/10.3390/dynamics4010003> EDN: APYNOY
114. Головашина О.В. Самоорганизованная критичность акторно-сетевой теории // *Философия и культура*. 2017. № 7. С. 23-31. DOI: 10.7256/2454-0757.2017.7.21658 URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=21658](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=21658)
115. Федорченко С.Н. Политические идеологии в условиях цифровых технологических трансформаций // *Вестник Московского университета. Серия 12: Политические науки*. 2024. № 2. Р. 7-26. DOI: 10.55959/MSU0868-4871-12-2024-2-2-7-26 EDN: ASFVIY
116. Федорченко С.Н. Сетевая легитимация политических режимов: теория и технологии. М: ИИУ МГОУ, 2018. EDN: XVUQPZ
117. Mascareño A., Goles E., Ruz G.A. Crisis in complex social systems: A social theory view illustrated with the Chilean case // *Complexity*. 2016. Vol. 21. Issue S2. P. 13-23. <https://doi.org/10.1002/cplx.21778> EDN: XTFGSD

## Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Рецензируемый текст «Обзор применения теории самоорганизованной критичности в исторических и социо-политических изысканиях» представляет собой междисциплинарное исследование в котором рассматриваются примеры и перспективы применения вынесенной в заглавие теории сложных систем в комплексе гуманитарных дисциплин. Работа построена в логичной шестичастевой композиции, включающей основные положения теории, общую динамику длительного междисциплинарного диалога, в рамках которого теория самоорганизованной критичности нашла применение в гуманитарных дисциплинах, конкретные дисциплины и сюжеты применения теории самоорганизованной критичности в социологии, политологии, истории, культурологии и др. Чрезвычайный интерес представляет весьма актуальная шестая часть работы, где автор с одной стороны приводит примеры научной зрелости ТСОК (Пройдя период утверждения правомерности в истории и социо-политических науках, идеи СОК демонстрируют свою эвристическую продуктивность уже «в промышленных масштабах») и выделяет соответствующие зрелости черты, а с другой стороны приводит многочисленные примеры применения теории самоорганизованной критичности при рассмотрении больших социо-политических общностей в течение довольно длительного исторического времени, а также при рассмотрении поведения пользователей социальных сетей, массовых протестных движений и т.д. Вынесенное в заглавие «Обзор применения теории...» совершенно естественно подразумевает обзорно-библиографический характер определенных сегментов текста, таким образом рецензируемая работа представляет интерес сразу по многим критериям: формулировка содержания и методологии ТСОК, динамика ее инфильтрации в гуманитарный дискурс, доказательства зрелости и эффективности научно-методического инструментария ТСОК,

обзор (довольно обширный) ключевых публикаций/исследований по применению ТСОК в исторических, политологических, социологических исследованиях. Демонстрируемый автором диапазон применения ТСОК крайне широк (от корпоративного развития Данон и арабской весны до Первой русской революции 1906-1907 гг. и различных форм протестного движения в Ирландии, Армении, России и др.) и соответственно убедителен, таким образом работа представляет актуальный научно-методический инструментарий для работы со сложными системами в гуманитарных науках. Дополнительным плюсом работы является чрезвычайно обширная библиография, включающая более 100 русско- и англоязычных текстов по теме исследования, а соответственно по применении теории самоорганизованной критичности в гуманитарных дисциплинах. Работа выполнена на высоком научно-методическом уровне, отличается четкостью и логичностью изложения материала, высокой степенью актуальности, ярко выраженным междисциплинарным характером исследования. Исследование имеет широкие перспективы применения т.к. включает помимо прочего систематизацию и анализ уже проведенных с использованием ТСОК научных изысканий. Выводы указывают на перспективы и преимущества применения ТСОК ("...подталкивает исследователя перефокусировать внимание с поиска соразмерных экстраординарных причин ... на диагностику состояния системы в целом - «на рассмотрение её структуры и принципов функционирования, процессов накопления напряжения и "вспышек" релаксации».....снабжает исследователя удобным индикатором (в виде розового шума и, в определённой мере, степенных распределений) для выявления лавиноопасных участков и периодов". Рецензируемый текст безусловно рекомендуется к публикации.