

## ТЕМА НОМЕРА

**Д.С. Жуков**

### ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕОРИИ САМООРГАНИЗОВАННОЙ КРИТИЧНОСТИ В ИССЛЕДОВАНИИ ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ И ЭКСТРЕМИСТСКОЙ АКТИВНОСТИ

#### **Аннотация**

В статье рассмотрен методологический потенциал теории самоорганизованной критичности (СОК) для изучения социополитических феноменов. Представлены основные положения и понятия теории СОК, описан инструментарий идентификации розового шума как атрибута СОК, а также проанализирована литература, посвящённая использованию теории СОК в социо-гуманитарных дисциплинах. Объект исследования – событийные ряды, свидетельствующие о террористической и экстремистской активности в России в 1990-е – 2010-е годы. В качестве источников данных были привлечены официальная статистика МВД России, Global Terrorism Database, RAND Database of Worldwide Terrorism Incidents. Спектральный анализ позволил установить, что некоторые исследованные ряды (в частности, изменение помесячного количества террористических преступлений) являются розовым шумом. Данный эффект обнаруживается в течение многих лет в наборах данных, извлечённых из разных источников. Это открывает возможность интерпретировать свойства и динамику системы, которая генерирует подобные события, через отсылки к объяснительным схемам теории СОК. В частности, системы, пребывающие в состоянии критичности, способны к скачкообразному росту активности без хорошо наблюдае-

**D. Zhukov**

### HEURISTIC OPPORTUNITIES OF THE SELF-ORGANIZED CRITICALITY THEORY IN STUDYING TERRORIST AND EXTREMIST ACTIVITIES

#### **Abstract**

The article deals with heuristic opportunities of approaches and tools of the self-organized criticality theory (SOC) in studying sociopolitical phenomena. It presents basic framework and concepts of the SOC theory, describes tools of the pink noise identification as a SOC attribute, as well as it overviews literature on applying SOC theory in social disciplines and humanities. The object of the study is event lines regarding terrorist and extremist activities in 1990s - 2010s Russia. The data sources that are used are: MIA of Russia official statistics, Global Terrorism Database, RAND Database of Worldwide Terrorism Incidents. The spectral analysis allows to establish that several lines being studied (in particular, changes of monthly number of terrorist and extremist events) may be represented as the pink noise. This effect is found throughout many years in data sets taken from various sources. This provides opportunities to interpret properties and dynamics of the system which generates such events by means of references to the SOC theory's explanatory schemes. In particular, for systems in the state of criticality is common the rapid and virtually spontaneous increase in activity without clearly visible proportional causes. This provides evidence that the high level of the ter-

мых соразмерных причин. Это свидетельствует о сохранении в России высокого уровня потенциальной террористической угрозы. Основной методологический результат исследования – демонстрация применимости аналитического аппарата теории СОК в политологическом предметном пространстве.

**Ключевые слова:**

самоорганизованная критичность, фрактал, розовый шум,  $1/f$ -шум, терроризм, экстремизм.

rorist threat in Russia still exists. The main methodological outcome of the study is that it shows applicability of the SOC theory's analytical tools to subject areas of the political science.

**Key words:**

self-organized criticality, fractal, pink noise,  $1/f$ -noise, terrorism, extremism.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №14-06-00093а «Приложение теории самоорганизованной критичности к изучению исторических процессов».

Эта работа представляет собой опыт приложения теории самоорганизованной критичности (СОК) к изучению современных политических феноменов. Ключевая задача статьи состоит в том, чтобы продемонстрировать эвристические возможности теории СОК в политологическом предметном пространстве. В фокусе нашего внимания находится террористическая и экстремистская активность. Источником такой активности является некоторый социо-политический объект. Социальные – равно как и физические – объекты, как правило, генерируют определённые сигналы (шумы/процессы), которые можно зафиксировать в виде наборов числовых данных. В этом исследовании таким сигналом является событийный ряд. По некоторым формальным характеристикам сигнала можно судить об изменении внутренних качественных свойств самого объекта. Теория СОК обладает развитым инструментарием и объяснительными схемами для изучения многих весьма распространённых в природе и обществе процессов. В качестве исходных данных для анализа мы использовали сведения о террористической и экстремистской активности в России из нескольких баз данных (БД). Проявления такой активности в различных БД имеют разное наименование: «преступления террористического характера», «преступления экстремистской направленности», «террористические атаки», «террористические инциденты». Результаты анализа были интерпретированы в духе теории СОК для того, чтобы сделать предположения о внутренних свойствах и трансформациях социо-политических систем, ответственных за подобные преступления в нашей стране. Помимо прочего, мы стремились сравнить результаты анализа данных из разных БД, чтобы понять, насколько инструментарий теории СОК чувствителен к различиям в методиках сбора первичной информации.

Пер Бак вместе с коллегами [2; 18; 19] ввёл в научный оборот понятие «самоорганизованная критичность» для обозначения некоторого общего поведения весьма разных систем. Атрибутом такого поведения является розовый шум ( $1/f$ -шум, фликкер-шум, пример на рис. 1Б). Это фрактальный сигнал/процесс [34; 16; 28], который описывает динамику свойств системы или событийный ряд, который генерируется системой. Для розового шума свойственна масштабная инвариантность (самоподобие) – совмещение событий всех масштабов: маленьких всплесков, средних волн, грандиозных цунами. Оказалось, что многие совершенно разные процессы – например, изменение яркости некоторых звёзд, разливы рек, активность головного мозга человека, взлёты и падения цен на бирже – являются розовым шумом. Универсальное объяснение возникновения и последствий этого феномена и даёт теория СОК. Идентификация того или иного процесса как розового шума является, поэтому, основанием для обращения к объяснительным схемам теории СОК с целью установления сущности и динамики системы, которая сгенерировала данный процесс.

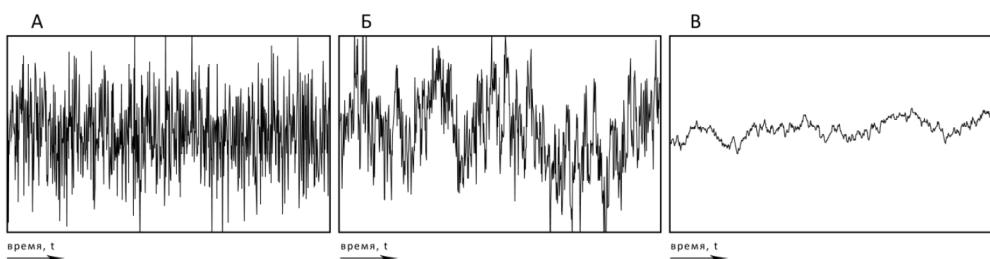
Для того, чтобы розовый шум возник в системе, она должна обладать рядом свойств. В частности, она должна состоять из очень большого числа компонентов, содержать петли обратных причинно-следственных связей, а также испытывать воздействие слабых внешних импульсов. П. Бак показал, что подобные системы способны практически самопроизвольно переходить в состояние критичности.

Состояние критичности подразумевает, что любое возникшее в системе событие (даже кратковременное и слабое) имеет не только местные, но и общие для всей системы последствия. Изменения, возникшие в какой-либо одной части системы, не локализуются, не затухают, а воздействуют на всю систему, вызывая многообразные – иногда замкнутые – причинно-следственные цепочки. Ансамбль подобных событий и их последствий является генератором колебаний разных масштабов – розового шума. Состояние критичности, как правило, ведёт систему к скоротечному кризису, то есть к скачкообразной трансформации – «лавине». В некоторый момент вялотекущие изменения резко уходят в бесконечность, происходит разбалансировка основных параметров системы. Так, микроуровневые события генерируют макроуровневую динамику. Розовый шум является предвестником катастрофы. Хотя во множестве известны реальные системы, которые способны (благодаря некоторым механизмам поддержания гомеостазиса), издавать розовый шум чрезвычайно долго – то есть пребывать в норме в состоянии, близком к срыву в критическое «пике».

Розовый шум это проявление обратно пропорциональной статистической зависимости между свойствами объектов (или событий), то есть степенного закона. Примером подобного рода зависимости является закон Гутенберга – Рихтера, который определяет, что сильных землетрясений происходит мало, средней силы – среднее количество, а слабых – много.

Розовый шум типологически граничит с двумя другими классами процессов – с белым и коричневым шумами, примеры которых представлены на рис. 1А и 1В.

**Рис. 1. Образцы белого (А), розового (Б) и коричневого (В) шумов**



Белый шум (рис. 1А) представляет собой абсолютный хаос. Этот процесс не имеет памяти: каждое последующее событие никак не зависит от предыдущих. Величина изменений в любой момент не предсказуема. Коричневый шум (брюновский или красный шум, рис. 1В), наоборот, является процессом с сильной, но кратковременной памятью. Каждое последующее событие зависит от непосредственно предшествующего. Поэтому график коричневого шума слаженный, инертный: каждое новое изменение не сильно отклоняется от предыдущего значения.

Розовый шум (рис. 1Б) представляет собой нечто среднее между белым и коричневым шумом – между хаосом и детерминированностью. Розовый шум, подобно белому, наполнен случайностями: каждый эпизод такого процесса может обладать «индивидуальностью». Но процесс в целом вполне закономерен: подобно коричневому шуму, розовый шум обладает памятью, но памятью долговременной. Здесь каждое событие зависит не от непосредственно предшествующего, а от всех событий, произошедших ранее, – от некоторой закономерности, которую они формируют.

Для перенесения этой математической абстракции на реальные системы (биологические, социальные, физические и прочие) П. Бак использует понятие прерывистого равновесия: «Системы с прерывистым равновесием сочетают в себе черты замороженных, упорядоченных систем и хаотических, неупорядоченных систем. Эти системы могут помнить о сво-

ём прошлом благодаря длительным периодам застоя, позволяющим сохранять то, чему они научились на протяжении своей истории, имитируя поведение замороженных систем; вместе с тем они могут эволюционировать благодаря внезапным вспышкам активности. <...> Нерегулярным масштабным вспышкам нет места в равновесных системах, но они повсеместно встречаются в истории, биологии и экономике. <...> Сложное состояние существует на границе между предсказуемым периодическим поведением и непредсказуемым хаосом» [2, с. 74 – 75].

В теоретических и обзорных трудах [17; 25; 27; 29; 31; 38; 35; 43], включая классические работы П. Бака и его коллег, довольно часто встречаются утверждения, что многие социальные процессы могут быть интерпретированы в духе теории СОК. Д. Тьюкот [42; 43], Г.Г. Малинецкий [11], М. Бьюкенен [25], Г. Бранк [21; 22; 23; 24] показали, что самоорганизованная критичность является весьма распространённым феноменом и в природе, и в обществе. Л.И. Бородкин более десятилетия назад указал на потенциально высокую эвристическую продуктивность приложений теории СОК к изучению социальных и политических феноменов [4]. Однако – как в России, так и за рубежом, – несмотря на огромные успехи теории СОК в естественных дисциплинах, она редко используется для анализа конкретных социальных процессов (за исключением экономики, где теория СОК весьма популярна как инструмент анализа ценовой динамики). Вместе с тем, парадигма теории хаоса, в русле которой развиваются идеи СОК, в целом близка российским исследователям [1; 3; 5; 6; 7; 12; 13; 14; 45; 46].

Эффекты, описываемые теорией СОК, часто обнаруживаются в агентно-ориентированных моделях, например, в модели «лесного пожара» [42; 44] и в иных специальных моделях – таких как модель эволюции Бака-Снеппена [41].

Представим более детально те основные работы, в которых приводится развёрнутый и доказательный анализ самоорганизованной критичности в социальных процессах, и которые, поэтому, задают исследовательские стандарты в этой области.

Одной из наиболее ранних среди подобных работ является статья Д. Робертса и Д. Тьюкота «Фрактальность и самоорганизованная критичность войн» [40]. Авторы проанализировали сведения об интенсивности и количестве войн в мире в XV – XX веках из трёх различных источников. Во всех трёх выборках данные распределились в соответствии со степенным законом. Авторы показали также, что это распределение хорошо имитируется моделью «лесного пожара», что, очевидно, и подтолкнуло их

использовать соответствующие метафоры для построения собственно политологических выводов. «Можно, – отмечают 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», то есть относительно маломощного события-инициатора] иногда возникает пожар, а иногда – нет. Иногда возникает сильный пожар, а иногда – слабый. Но статистика частоты силы пожаров подчиняется степенному закону. С точки зрения мирового порядка есть небольшие конфликты, которые могут или не могут перерасти в крупные войны. Стабилизирующие и дестабилизирующие влияния, очевидно, весьма сложны. 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» [40, р. 357].

В работе Л.Е. Цедермана также обнаруживается степенной закон в распределении войн. Причиной такого эффекта автор считает «процесс технологических изменений, ведущий к контекстуально зависимым стохастическим решениям о развязывании войн» [26, р. 135]. М. Биггс [20] использует модель «лесного пожара» для описания эффектов СОК, обнаруживаемых в «классовых конфликтах» в Чикаго с 1881 по 1886 гг. и в стачках в Париже с 1890 по 1899 гг.

Одна из немногих статей, посвящённых СОК в современных социальных процессах, опубликована в 2014 году коллективом авторов – С. Пиколи, М. дель Кастилло-Массот, Х. Рибейро, Е. Ленци, Р. Мендес [37]. Свои выводы они основывали на анализе трёх БД по «событиям с применением насилия»: Северная Ирландия в 1969–2001 гг., Ирак в 2003–2005 гг. и Афганистан в 2008–2010 гг. Обнаружив в данных те же самые эффекты СОК, которые имеют место в распределении, в частности, землетрясений, авторы использовали это подобие для политологических интерпретаций: «Возникновение землетрясений связано со [скоротечной] релаксацией накопленного напряжения при достижении порогового значения, как это показано в теории самоорганизованной критичности. Аналогично, насильтственные события в человеческих конфликтах могут быть связаны с пороговым механизмом. В этом случае описание человеческих конфликтов в терминах СОК кажется правдоподобным. Наши данные согласуются с этой возможностью, обеспечивая количественную поддержку аналогиям между паттернами человеческих конфликтов и природными явлениями, для которых свойственна самоорганизованная критичность» [37, р. 3]. Конечно, такое позитивистское уподобление рассматривает

вается авторами как приём эвристического поиска, а не как доказательная аргументация. Кстати, широкая распространённость этого приёма в литературе, очевидно, спровоцирована стремлением теории СОК давать универсальные объяснения, отвлечённые от природы конкретных систем.

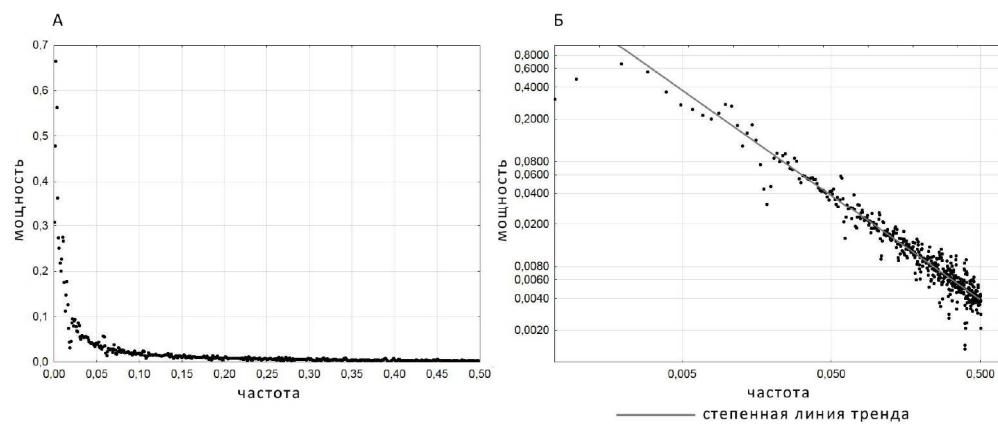
Т. Крон и Т. Грунд в работе «Общество как самоорганизованная критическая система» представили некоторые философские идеи, к которым может подтолкнуть экспансия подходов СОК в социо-гуманитарной сфере [32]. Авторы полагают, что современное общество как система находится в критическом состояния и, поэтому, склонно к разбалансированию (*disequilibrate*) и «срывам» параметров в бесконечность, то есть к масштабным социальным кризисам. В качестве иллюстрации для такого универсалистского утверждения авторы приводят рост напряжённости, приведший к Первой Мировой войне. Авторы также предлагают некоторые социально-политические рекомендации – «стратегии вмешательства для предотвращения социальных систем от разрушения». Это, например, «селективные целевые воздействия» – отдельные локальные акции международного сообщества, которые предпринимаются в точках бифуркации для того, чтобы содействовать реализации желаемых сценариев из множества возможных альтернативных вариантов. Такие стратегии не предполагают тотального контроля над системой, которого и невозможно достичь в принципе, если современное общество действительно таково, каким оно представляется авторам.

В России приложениями теории СОК в социо-гуманитарных дисциплинах (за исключением экономики) занимается довольно небольшое число исследователей – в частности, сотрудники Центра фрактального моделирования. Мы, в соавторстве с коллегами-историками, выдвинули гипотезу о том, что изменение цвета исследуемого сигнала может быть индикатором качественной трансформации социальной системы, которая генерирует такой сигнал. Инструменты и подходы СОК были применены нами для анализа и интерпретации некоторых исторических процессов. В наших статьях также детально представлены процедуры спектрального анализа и идентификации розового шума [8], дан обзор литературы по приложениям СОК в социо-гуманитарном исследовательском пространстве [9].

Для идентификации розового шума используется спектральный анализ. Посредством быстрого преобразования Фурье исходный сложный сигнал разлагается и представляется в виде совокупности простых гармоник. Каждая такая гармоника обладает постоянной частотой и амплитудой и обозначается точкой на спектрограмме, где по оси x указывается

частота, а по оси у – мощность, пропорциональная квадрату амплитуды (рис. 2А). На спектрограмме сложного сигнала отображаемся несколько точек/гармоник, из которых он и состоит.

**Рис. 2. Спектрограмма одного образца искусственного розового шума в линейных координатах (А) и в двойных логарифмических координатах (Б)**



В результатах спектрального анализа розового шума обнаруживается определённая статистическая закономерность. А именно: линия тренда для точек/гармоник близка к гиперболе, то есть является степенной линией тренда. Это выражение обратно пропорциональной зависимости исследуемых величин. Розовый шум – это такой сигнал, который подчинён статистической закономерности «чем выше частота сигнала (то есть чем больше число колебаний за единицу времени), тем меньше их амплитуда, и наоборот». Заметим, что это утверждение, как и всякая статистическая закономерность, будучи верным для всего процесса, не является обязательным для каждого его эпизода.

Спектрограммы обычно строят не в линейной, а в логарифмической системе координат, которая как бы сжимает пространство на краях. Гипербола в таких координатах представляется как прямая линия (рис. 2Б).

Итак, если совокупность точек на спектрограмме хорошо аппроксимируется степенной линией тренда, то обнаруженная закономерность имеет вид:

$$S = v \frac{1}{f^\alpha} \quad (1)$$

где  $f$  – частота;  $S$  – мощность;  $v$  – коэффициент, выражающий соотношение единиц  $S$  и  $f$ ;  $\alpha$  («альфа») – показатель степени.

От величины  $\alpha$  зависит, является ли исследуемый сигнал розовым, коричневым или белым шумом. Величина  $\alpha$  связана с наклоном линии тренда в спектрограмме. Например, в спектрограмме на рис. 4  $\alpha = 0,64$ , а на рис. 5  $\alpha = 0,00$ ). Именно от наклона зависит распределение мощности по частотам (спектральная плотность мощности). Если  $\alpha = 0$ , то сигнал является белым шумом. Мощности белого шума равномерно распределены по частотам – и линия тренда белого шума представляет собой горизонтальную прямую. Ведь это случайный процесс, в котором все гармоники имеют равные шансы на любую мощность. Если  $\alpha = 2$ , то такой шум считается коричневым. Наклон прямой в этом случае более крутой, чем у розового шума. Если  $\alpha = 1$ , то мы имеем дело с идеальным розовым шумом (рис. 2Б).

Но реальные процессы практически никогда не бывают идеальными. Поэтому П. Бак указывал, что «степень  $\alpha$  [для розового шума] может принимать значения от 0 до 2» [2, с. 69]. Это довольно широкое определение. Очевидно, что ближе к границам этого диапазона розовый шум плавно переходит в белый или коричневый.

Для наших исследований использовался модуль «Спектральный анализ (анализ Фурье)» в программе Statistica. Для обеспечения реплицируемости результатов обозначим настройки: пэддинг/да, вычитание среднего/да, вычитание тренда/да, сглаживание данных/нет. Величину  $\alpha$  легко обнаружить в формуле степенного тренда, которая и является формулой (1). Формула тренда автоматически рассчитывается и выводится на экран, например, в модуле построения диаграмм в Excel.

В Excel также можно рассчитать  $R^2$  – стандартный инструмент для оценки достоверности тренда. Чем ближе величина  $R^2$  к единице, тем надежнее линия тренда аппроксимирует точки спектрограммы. В наших исследованиях  $R^2$  существенно снижался, если  $\alpha$  приближалась к нулю. Это не удивительно, ведь в таком случае мы имеем дело с хаосом, который плохо аппроксимируется любыми линиями тренда. Заметим также, что, в силу самой природы статистических закономерностей, умеренное отклонение  $R^2$  от единицы вовсе не свидетельствует о низкой представительности линии тренда. Мы сгенерировали искусственные тестовые образцы идеального розового шума посредством кода powernoise [33] и применили к ним идентификационные процедуры, описанные выше. Мы нашли, что, например, для 200 точек данных  $\alpha \approx 1$ ,  $R^2 \approx 0,7$ . Всё-таки мы имеем дело с процессами, в которых велик элемент хаоса, случайности. И в реальных сигналах такой элемент ещё весомее, чем в искусственных.

Быстрое преобразование Фурье можно применить к относительно небольшим наборам данных, но результаты вряд ли будут интерпретабельными. При сокращении количества точек сигнал кажется более «белым». Это фундаментальный эффект: короткий отрывок даже весьма упорядоченного процесса может казаться случайным сочетанием событий. Какое минимальное количество точек данных требуется для корректной идентификации розового шума? Вопрос этот не праздный, поскольку представители социо-гуманитарных наук редко располагают длинными рядами данных.

В известной нам литературе по СОК минимальное количество точек в исследованных социальных процессах было 82 [40]. Мы провели более полутура сотен экспериментов с тестовыми образцами разной длины и пришли к выводу, что определить величину  $\alpha$  с погрешностью до 20% можно при наличии 75 и более точек данных [10]. Поэтому мы приняли, что 75 точек являются стандартным минимальным требованием к количеству исходных данных для идентификации цвета шума в наших исследованиях.

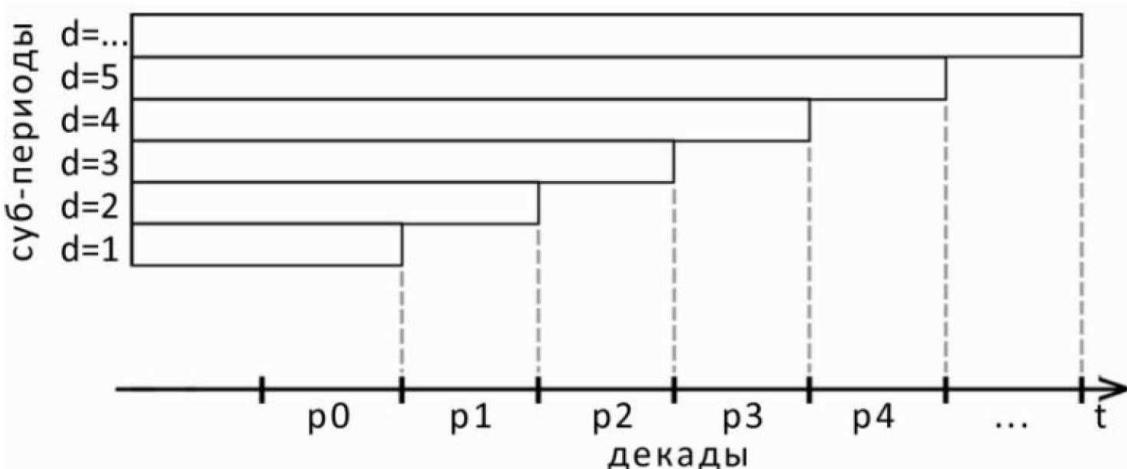
Для использования спектрального анализа и подходов СОК в социо-гуманитарной сфере мы предложили два метода, которые условно обозначили как 1 и 2р. Метода 1 сводится к простому кросс-временному сравнению величин  $\alpha$ , полученных при исследовании приблизительно равных или очень длинных временных отрезков одного и того же процесса. Существенное изменение величины  $\alpha$  можно интерпретировать в духе СОК как изменение качественного состояния системы. Ведь нам, в частности, известно, какие именно свойства системы заставляют её генерировать розовый шум.

Метод 2р предложен нами в качестве гипотезы и нуждается в дальнейшей проверке. Полагаем, что этот метод может дать интерпретабельные и эвристически ценные результаты. Он предназначен для того, чтобы более детально отследить, как менялся цвет исследуемого сигнала, то есть качество системы. Мы стремились представить динамику изменений с высоким разрешением, например, по декадам – по десяти точкам данных, будь то десять лет, десять месяцев или десять дней. Метод 2р достигает этой цели косвенным путём, поскольку напрямую измерить величину  $\alpha$  для 10 точек данных невозможно.

Разобьём весь исследуемый период на суб-периоды разной длины. Возьмём за основу начальный (во времени) суб-период из 75 точек. Последовательно прибавляя к основе по 10 точек из будущего, получим несколько суб-периодов, каждый из которых будет полностью включать в себя пред-

шестивальный более короткий. Промаркируем суб-периоды в зависимости от их длины, где  $d=1$  означает самый короткий суб-период (рис. 3).

**Рис. 3. Маркировка суб-периодов и декад по методу 2р.**



Для всех суб-периодов можно вычислить величину  $\alpha$ . Вычитая из  $\alpha$  более длинного суб-периода ( $\alpha_{d+1}$ ) величину  $\alpha$  более короткого суб-периода ( $\alpha_d$ ) получим  $\Delta\alpha$  – разницу между  $\alpha$  соседних суб-периодов:

$$\Delta\alpha = \alpha_{d+1} - \alpha_d \quad (2)$$

Подекадные  $\Delta\alpha$  могут оказаться весьма полезными, поскольку получены в результате сравнения двух суб-периодов, близких по временному локализации и схожих по длине. С помощью  $\Delta\alpha$  разных суб-периодов рассчитаем индекс метаморфизации –  $m$ . Для каждой  $n$ -ной декады:

$$m_n = b_{p_0} + \Delta\alpha_{p_1} + \Delta\alpha_{p_2} + \Delta\alpha_{p_3} + \dots + \Delta\alpha_{p_n} \quad (3)$$

где  $b_{p_0}$  – базовый уровень – начальная величина  $m$  для условной нулевой декады, которая является самой поздней декадой самого короткого суб-периода (маркировка декад дана по рис. 3). Величину  $b_{p_0}$  определим на основании экспертных оценок или на основании расчетов величин  $\alpha$  другими методами.

Индекс  $m$  является суррогатным аналитическим инструментом – он не тождественен  $\alpha$ , но произошёл от этого показателя. Индекс  $m$  свидетельствует о некотором изменении качества системы, которое индикаторуется переходом шума между белым, розовым и коричневым цветами.  $\Delta\alpha$  приписывается некоторому отрезку времени (в данном случае, декаде); а величина  $m$  приписывается конкретному моменту времени – поздней границе соответствующей декады.

Исследованные наборы данных были получены из трёх источников.

1. Официальная статистика МВД России [15]. БД МВД содержит помесячные данные с 2003 года вплоть до сегодняшнего дня о числе преступлений террористического характера и о числе преступлений экстремистской направленности. Однако мы можем использовать сведения о террористических преступлениях лишь с апреля 2006 г. В соответствии с Федеральным законом №35-ФЗ «О противодействии терроризму» от 06.03.06 г., из перечня статей террористического характера была исключена ст.207 УК РФ «Заведомо ложное сообщение об акте терроризма». Таким образом, до апреля 2006 сведения о террористических актах просто «тонут» в огромном количестве ложных сообщений.

2. База данных Global Terrorism Database [36] поддерживается американским исследовательским центром The National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START), который аффилирован с Мэрилендским университетом. База претендует на полноту и содержит сведения о приблизительно 140 тысячах «террористических атак» с 1970 по 2014 гг. по всему миру. Из БД мы извлекли помесячные сведения о количестве «атак» и числе пострадавших и погибших. Поскольку по России данные за 1993 год не полные, доверие вызывает числовой ряд с 1994 по конец 2014 года.

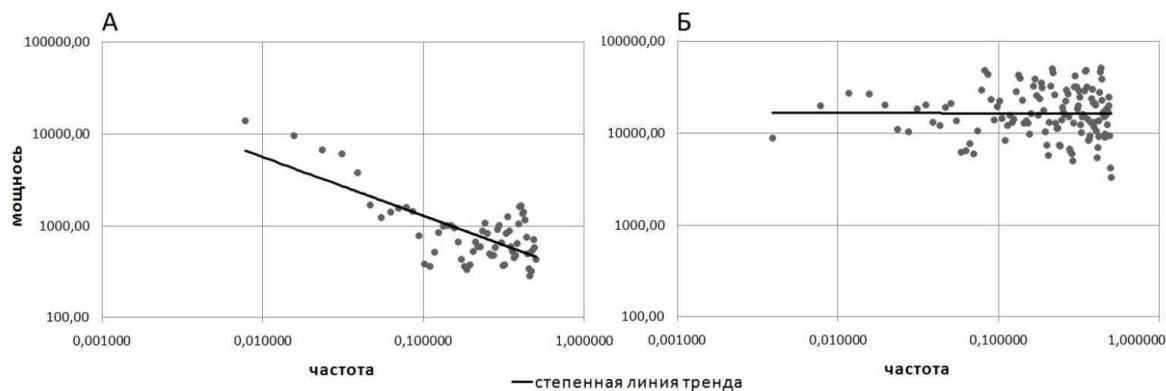
3. База данных RAND Database of Worldwide Terrorism Incidents [39] содержит сведения практически по всем странам с 1972 по 2009 гг. Эта БД создана одним из подразделений корпорации RAND – National Security Research Division. По России до 1998 года база содержит явно отрывочные сведения. Мы использовали помесячные данные о числе «террористических инцидентов» и о суммарном количестве убитых и пострадавших с 1998 по 2009 годы.

Результаты спектрального анализа и идентификации цвета шума в наборах данных из различных БД приведены в таблице 1. На рисунке 4 представлены спектrogramмы розового (А) и белого (Б) шумов, обнаруженных в некоторых исследованных данных. На рисунке 5 представлена динамика индекса  $m$  для террористической активности в России с 2000 по 2014 год по START. Метод 2р был применён только к количеству «террористических атак» по версии START. Только в этой БД имеется достаточно сведений для использования метода 2р, который требует довольно длинных рядов исходных данных.

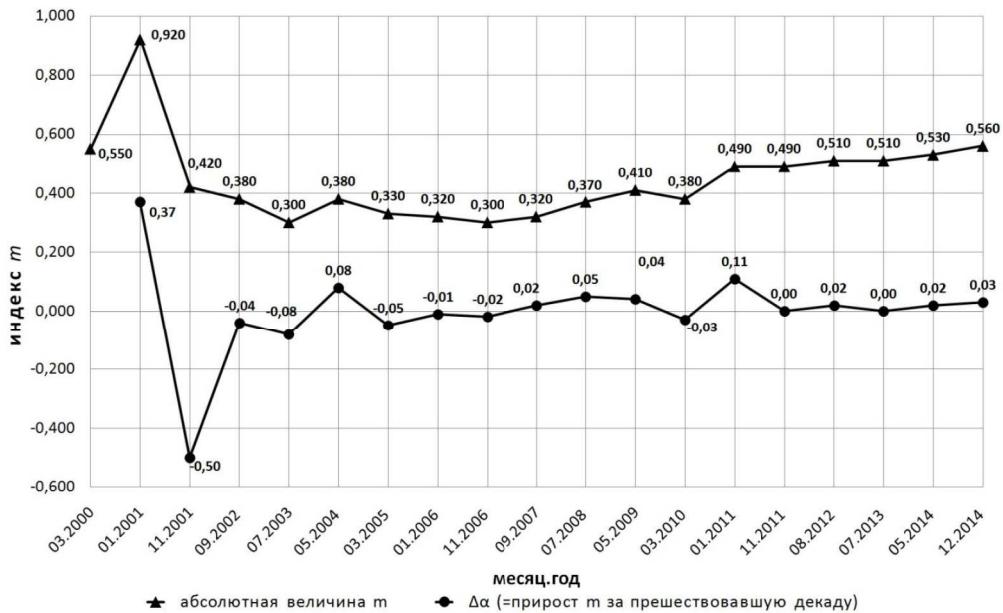
**Табл. 1. Величина  $\alpha$  для числовых рядов, характеризующих террористическую и экстремистскую активность в России.**

Источник данных / характер данных	Исследованный период, месяц, год	$\alpha$	$R^2$
МВД РФ / количество преступлений террористического характера по месяцам	04.2006-08.2015	0,64	0,527
МВД РФ / количество преступлений экстремистской направленности по месяцам	01.2003-08.2015	0,46	0,229
Global Terrorism Database, START / количество «террористических атак» по месяцам	01.1994-12.2014	0,56	0,48
Global Terrorism Database, START / количество пострадавших+убитых по месяцам	01.1994-12.2014	0,07	0,015
RAND Database of Worldwide Terrorism Incidents / количество «террористических инцидентов» по месяцам	01.1998-12.2008	0,72	0,441
RAND Database of Worldwide Terrorism Incidents / количество пострадавших+убитых по месяцам	01.1998-12.2008	0,00	0,000

**Рис. 4. Спектрограммы. Исходные данные: А – помесячные количества преступлений террористического характера, 2006 – 2015 годы, сведения МВД России; Б – помесячные суммы пострадавших и убитых в ходе «террористических инцидентов», 1998 – 2009 гг, RAND Database of Worldwide Terrorism Incidents.**



**Рис. 5. Изменение индекса метаморфизации террористической активности в России в 2000-2014 гг. (исходные данные: сведения о количестве «террористических атак» по месяцам по Global Terrorism Database, START).**



### Интерпретации

В таблице 1, прежде всего, следует отметить существенную разницу между величинами  $\alpha$  для числовых рядов, которые выражают разные характеристики одних и тех же событий. В одних рядах (изменение количества погибших и пострадавших) легко обнаруживается хаотичный белый шум (околонулевые величины  $\alpha$ ). В других рядах (изменение количества террористических преступлений, «атак», «инцидентов») сигнал тяготеет к розовому шуму (величина  $\alpha$  ближе к 1). Этот эффект наблюдается во всех изученных наборах данных. Подобный результат легко интерпретировать: количество жертв террористических актов зависит от многих случайных факторов. А вот количество самих террористических актов определяется не только лишь случайным образом. Следовательно, данные спектрального анализа соответствуют общезвестным представлениям, что косвенно свидетельствует об адекватности метода.

Кроме того, разброс величин  $\alpha$  для разных наборов данных оказался не велик, что указывает на устойчивую воспроизводимость результатов, в определённой мере индифферентных к различиям в методиках составления БД. Это также свидетельство в пользу адекватности метода.

Из таблицы 1 видно, что исследуемые процессы, хотя и не являются идеальным розовым шумом, но могут быть отнесены к этому типу. Установление факта, что та или иная система генерирует розовый шум, позволяет выдвигать предположения о её внутренние свойствах в соответствии с общими представлениями и объяснительными схемами теории СОК.

Система, которая генерирует террористическую и экстремистскую активность, является, вероятно, частично организованной, обладает долговременной памятью (возможно, элементами долгосрочного планирования), однако не обладает способностью полностью контролировать свою активность и не является всецело управляемой. Система содержит потенциал значительного роста числа террористических событий. Причём, этот всплеск может возникнуть буквально самопроизвольно – без видимых причин. Любое снижение внешнего давления может привести к чрезвычайно быстрому росту террористической активности.

График на рисунке 5 демонстрирует, как изменялся цвет исследуемого сигнала. Изменение цвета, как мы полагаем, индикаторует трансформацию внутренних качественных свойств системы, которая генерирует этот процесс. Белый шум – это проявление абсолютно хаотичной спонтанной активности системы. Коричневый шум – показатель абсолютной упорядоченности системы, её управляемости и подчинённости неким детерминирующим факторам. Переход от белого шума к розовому сигнализирует о самоорганизации и возрастании критических процессов, о раскачивании системы разного рода внешними импульсами, о появлении в системе устойчивых петлей обратных причинно-следственных связей. Также можно предположить, что система, издающая белый шум, с большой вероятностью, является, на самом деле, атомизированной совокупностью несвязанных или плохо связанных объектов. Розовый шум издаёт система, элементы которой, по меньшей мере, информационно связаны.

Из графика на рисунке 5 видно, что – если отвлечься от пика/провала в левой части, который может быть результатом ошибочных исходных данных, – в целом динамика индекса  $m$  весьма инертна, а тренд хорошо прослеживается. С начала 2000 года по конец 2006 года заметна тенденция системы к хаотизации. Но затем обнаруживается медленное, но последовательное движение к розовому шуму. Сам метод 2р, как и полученные с помощью него результаты, следует рассматривать исключительно как гипотезы.

Спектральный анализ сведений по террористической и экстремистской активности в России позволил установить, что некоторые исследованные событийные ряды являются розовым шумом. Это открывает воз-

можность интерпретировать свойства и динамику системы, которая генерирует подобную активность, через отсылки к объяснительным схемам теории самоорганизованной критичности. Полагаем, это свидетельствует об эвристической продуктивности данного подхода. Вместе с тем, для глубокого понимания феномена терроризма и экстремизма, безусловно, требуется соединение количественных методов с качественными.

### **Литература**

1. Алексеев В.В., Бородкин Л.И., Коротаев А.В., Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В., Малков С.Ю., Турчин П.В. Международная конференция «Математическое моделирование исторических процессов» // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. 2007. №6.
2. Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2013.
3. Бородкин Л.И. «Порядок из хаоса»: концепции синергетики в методологии исторических исследований // Новая и новейшая история. 2003. №2.
4. Бородкин Л.И. Методология анализа неустойчивых состояний в политико-исторических процессах // Международные процессы. 2005. Т.3. №7.
5. Бородкин Л.И., Владимиров В.Н., Гарскова И.М. Институционализация исторической информатики: к 20-летию АИК // Информационный бюллетень ассоциации История и компьютер. 2012. №39.
6. Головашина О.В., Жуков Д.С. Нелинейные эффекты динамики социально-политических институтов // Ineternum. 2012. №2.
7. Гринин Л.Е., Коротаев А.В., Марков А.В. Макроэволюция в живой природе и обществе. М.: УРСС, 2008.
8. 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.
9. Жуков Д.С., Лямин С.К. Подходы и инструментарий теории самоорганизованной критичности в социо-политических исследованиях // Pro nunc. Современные политические процессы. 2014. №1.
10. Жуков Д.С., Лямин С.К. Проблемы идентификации розового шума в исторических данных // Fractal Simulation. 2015. №1.
11. Малинецкий Г.Г. Чудо самоорганизованной критичности // Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2013.

12. Малков А.С., Малинецкий Г.Г., Чернавский Д.С. Математические модели исторических процессов: мечта или реальность? // Информационные войны. 2009. №1.
13. Нефёдов С.А. Демографически-структурный анализ социально-экономической истории России. Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2005.
14. Сморгунов Л.В. Сложность в политике: некоторые методологические направления исследований // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 6: Философия. Культурология. Политология. Право. Международные отношения. 2012. №4.
15. Состояние преступности // Сайт МВД РФ. URL: <https://mvd.ru/folder/101762> (дата обращения 26.11.2015).
16. Шибков А.А., Желтов М.А., Михлик Д.В., Золотов А.Е. Физика и геометрия фракталов. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2011.
17. Andergassen R., Nardini F., Ricottilli M. Innovation Waves, Self-organized Criticality and Technological Convergence // Journal of Economic Behavior & Organization. 2006. Vol. 61. №4.
18. Bak P. How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. New York: Copernicus, 1996.
19. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized Criticality // Physical Review A. 1988. Vol. 38. №1.
20. Biggs M. Strikes as Forest Fires: Chicago and Paris in the Late Nineteenth Century // American Journal of Sociology. 2005. Vol. 110. №6.
21. Brunk G.G. Self-Organized Criticality: A New Theory of Political Behaviour and Some of Its Implications // British Journal of Political Science. 2001. Vol. 31. №2.
22. Brunk G.G. Understanding self-organized criticality as a statistical process // Complexity. 2000. Vol. 5. №3.
23. Brunk G.G. Why Are So Many Important Events Unpredictable? Self-Organized Criticality as the "Engine of History" // Japanese Journal of Political Science. 2002. Vol. 3. №1.
24. Brunk G.G. Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality // Journal of Theoretical Politics. 2002. Vol. 14. №2.
25. Buchanan M. Ubiquity. The Science of History... or Why the World is Simpler Than We Think. London: Weidenfeld & Nicolson, 2000.
26. Cederman L.-E. Modeling the Size of Wars: From Billiard Balls to Sand-piles // American Political Science Review. 2003. №1.

27. Clauset A., Shalizi C., Newman M. Power-Law Distributions in Empirical Data // SIAM Review. 2009. Vol. 51. №4.
28. Frame M.L., Mandelbrot B.B. Fractals, Graphics and Mathematical Education. Washington DC: The University Press, 2002.
29. 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. №3.
30. Guastello S.J. Chaos, Catastrophe, and Human Affairs: Applications of Nonlinear Dynamics to Work, Organizations, and Social Evolution. Abingdon: Psychology Press, 2013.
31. Kron T., Grund T. Society as a Self-Organized Critical System // Cybernetics & Human Knowing. 2009. Vol. 16. №1-2.
32. Little M.A., McSharry P.E., Roberts S.J., Costello D.A.E., Moroz I.M. Exploiting Nonlinear Recurrence and Fractal Scaling Properties for Voice Disorder Detection // BioMedical Engineering OnLine. 2007. Vol. 6.
33. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. New York: W.H. Freeman and Company, 1982.
34. Mathews M.K., White M.C., Long R.G. Why Study the Complexity Sciences in the Social Sciences? // Human Relations. 1999. Vol. 52. №4.
35. Global Terrorism Database. URL: <http://www.start.umd.edu/gtd> (дата обращения 25.11.2015).
36. 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.
37. Pinto C.M.A., Mendes Lopes A., Machado J.A.T. A Review of Power Laws in Real Life Phenomena // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2012. Vol. 17. №9.
38. RAND Database of Worldwide Terrorism Incidents. URL: <http://smapp.rand.org/rwtid/search.php> (дата обращения 25.11.2015).
39. Roberts D.C., Turcotte D.L. Fractality and Self-Organized Criticality of Wars // Fractals. 1998. Vol. 6. №4.
40. 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. №11.
41. Turcotte D.L. Self-organized criticality // Reports on Progress in Physics. 1999. Vol. 62 №10.

42. Turcotte D.L., Rundle J.B. Self-organized Complexity in the Physical, Biological, and Social Sciences // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2002. Vol. 99. №1.
43. 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.
44. Zhukov D., Kanischev V., Lyamin S. Fractal Modeling of Historical Demographic Processes // Historical Social Research. 2013. Vol. 38. №2.
45. Zhukov D., Lyamin S. Computer Modeling of Historical Processes by Means of Fractal Geometry // Historical Social Research. 2010. Vol. 35. №3.

### **References**

1. Alekseev V.V., Borodkin L.I., Korotaev A.V., Malinetskii G.G., Podlazov A.V., Malkov S.Yu., Turchin P.V. Mezhdunarodnaya konferentsiya «Matematicheskoe modelirovanie istoricheskikh protsessov». Vestnik Rossiiskogo fonda fundamental'nykh issledovanii. 2007. №6.
2. Bak P. Kak rabotaet priroda: teoriya samoorganizovannoj kritichnosti. M.: URSS, 2013.
3. Borodkin L.I. «Poryadok iz khaosa»: kontseptsii sinergetiki v metodologii istoricheskikh issledovanii. Novaya i noveishaya istoriya. 2003. №2.
4. Borodkin L.I. Metodologiya analiza neustoichivykh sostoyanii v politiko-istoricheskikh protsessakh. Mezhdunarodnye protsessy. 2005. T. 3. №7.
5. Borodkin L.I., Vladimirov V.N., Garskova I.M. Institutsionalizatsiya istoricheskoi informatiki: k 20-letiyu AIK. Informatsionnyi byulleten' assotsiatsii Istorya i komp'yuter. 2012. №39.
6. Golovashina O.V., Zhukov D.S. Nelineinyye effekty dinamiki sotsial'no-politicheskikh institutov. Ineternum. 2012. №2.
7. Grinin L.E., Korotaev A.V., Markov A.V. Makroevolyutsiya v zhivoi prirode i obshchestve. M.: URSS, 2008.
8. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. Vozmozhnosti ispol'zovaniya teorii samoorganizovannoj kritichnosti v izuchenii demograficheskikh protsessov v rossiiskom pozdnem agrarnom obshchestve. Istoricheskaya informatika. 2014. №1.
9. Zhukov D.S., Lyamin S.K. Podkhody i instrumentarii teorii samoorganizovannoj kritichnosti v sotsio-politicheskikh issledovaniyakh. Pro nunc. Sovremennye politicheskie protsessy. 2014. №1.
10. Zhukov D.S., Lyamin S.K. Problemy identifikatsii rozovogo shuma v istoricheskikh dannykh. Fractal Simulation. 2015. №1.

11. Malinetskii G.G. Chudo samoorganizovannoj kritichnosti. Kak rabotaet priroda: teoriya samoorganizovannoj kritichnosti. M.: URSS, 2013.
12. Malkov A.S., Malinetskii G.G., Chernavskii D.S. Matematicheskie modeli istoricheskikh protsessov: mechta ili real'nost'? Informatsionnye voiny. 2009. №1.
13. Nefedov S.A. Demograficheski-strukturnyi analiz sotsial'no-ekonomiceskoi istorii Rossii. Ekaterinburg: Izdatel'stvo UGGU, 2005.
14. Smorgunov L.V. Slozhnost' v politike: nekotorye metodologicheskie napravleniya issledovanii. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 6: Filosofiya. Kul'turologiya. Politologiya. Pravo. Mezhdunarodnye otnosheniya. 2012. №4.
15. Sostoyanie prestupnosti. Sait MVD RF. URL: <https://mvd.ru/folder/101762> (data obrashcheniya 26.11.2015).
16. Shibkov A.A., Zheltov M.A., Mikhlik D.V., Zolotov A.E. Fizika i geometriya fraktalov. Tambov: Izdatel'skii dom TGU im. G. R. Derzhavina, 2011.
17. Andergassen R., Nardini F., Ricottilli M. Innovation Waves, Self-organized Criticality and Technological Convergence. Journal of Economic Behavior & Organization. 2006. Vol. 61. №4.
18. Bak P. How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. New York: Copernicus, 1996.
19. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized Criticality. Physical Review A. 1988. Vol. 38. №1.
20. Biggs M. Strikes as Forest Fires: Chicago and Paris in the Late Nineteenth Century. American Journal of Sociology. 2005. Vol. 110. №6.
21. Brunk G.G. Self-Organized Criticality: A New Theory of Political Behaviour and Some of Its Implications. British Journal of Political Science. 2001. Vol. 31. №2.
22. Brunk G.G. Understanding self-organized criticality as a statistical process. Complexity. 2000. Vol. 5. №3.
23. Brunk G.G. Why Are So Many Important Events Unpredictable? Self-Organized Criticality as the "Engine of History". Japanese Journal of Political Science. 2002. Vol. 3. №1.
24. Brunk G.G. Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality. Journal of Theoretical Politics. 2002. Vol. 14. №2.
25. Buchanan M. Ubiquity. The Science of History... or Why the World is Simpler Than We Think. London: Weidenfeld & Nicolson, 2000.
26. Cederman L.-E. Modeling the Size of Wars: From Billiard Balls to Sandpiles. American Political Science Review. 2003. №1.
27. Clauset A., Shalizi C., Newman M. Power-Law Distributions in Empirical Data. SIAM Review. 2009. Vol. 51. №4.
28. Frame M.L., Mandelbrot B.B. Fractals, Graphics and Mathematical Education. Washington DC: The University Press, 2002.

29. 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. №3.
30. Guastello S.J. Chaos, Catastrophe, and Human Affairs: Applications of Nonlinear Dynamics to Work, Organizations, and Social Evolution. Abingdon: Psychology Press, 2013.
31. Kron T., Grund T. Society as a Self-Organized Critical System. *Cybernetics & Human Knowing.* 2009. Vol. 16. №1-2.
32. Little M.A., McSharry P.E., Roberts S.J., Costello D.A.E., Moroz I.M. Exploiting Nonlinear Recurrence and Fractal Scaling Properties for Voice Disorder Detection. *BioMedical Engineering OnLine.* 2007. Vol. 6.
33. Mandelbrot B.B. *The Fractal Geometry of Nature.* New York: W.H. Freeman and Company, 1982.
34. Mathews M.K., White M.C., Long R.G. Why Study the Complexity Sciences in the Social Sciences? *Human Relations.* 1999. Vol. 52. №4.
35. Global Terrorism Database. URL: <http://www.start.umd.edu/gtd> (data obrashcheniya 25.11.2015).
36. 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.
37. Pinto C.M.A., Mendes Lopes A., Machado J.A.T. A Review of Power Laws in Real Life Phenomena. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation.* 2012. Vol. 17. №9.
38. RAND Database of Worldwide Terrorism Incidents. URL: <http://smapp.rand.org/rwtid/search.php> (data obrashcheniya 25.11.2015).
39. Roberts D.C., Turcotte D.L. Fractality and Self-Organized Criticality of Wars. *Fractals.* 1998. Vol. 6. №4.
40. 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. №11.
41. Turcotte D.L. Self-organized criticality. *Reports on Progress in Physics.* 1999. Vol. 62 №10.
42. Turcotte D.L., Rundle J.B. Self-organized Complexity in the Physical, Biological, and Social Sciences. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2002. Vol. 99. №1.
43. 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.
44. Zhukov D., Kanischev V., Lyamin S. Fractal Modeling of Historical Demographic Processes. *Historical Social Research.* 2013. Vol. 38. №2.
45. Zhukov D., Lyamin S. Computer Modeling of Historical Processes by Means of Fractal Geometry. *Historical Social Research.* 2010. Vol. 35. №3.