

# **Самоорганизованная критичность в социальных медиа: методы изучения политической мобилизации в Сети**

## **Self-organized criticality in social media: methods for studying network political mobilization**

УДК 32.019.51

**Жуков Д.С.**

канд. ист. наук, доцент кафедры международных отношений и политологии, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина  
e-mail: ineternatum@mail.ru

**Zhukov D.S.**

Candidate of Historical Sciences, associate professor of the Department of International Relations and Political Science, Tambov State University  
e-mail: ineternatum@mail.ru

### **Аннотация**

Статья представляет собой краткий обзор методов мониторинга сетевой политической мобилизации, которые основаны на теории самоорганизованной критичности (СОК). Ключевая проблема мониторинга политической мобилизации в социальных медиа заключается в установлении формализуемых – исчисляемых – критериев мобилизации, а также в обнаружении ранних признаков такого состояния во множестве различных групп. Автор обосновывает гипотезу о том, что сообщества в состоянии СОК, в сущности, можно считать мобилизованными. Теория СОК изначально создана для описания обширного класса естественно-научных феноменов. Однако уже в классических трудах основателей теории содержалось утверждение о её применимости и к социальным системам. Атрибут СОК – розовый шум – может быть обнаружен в динамических рядах, представляющих собой запись изменений во времени ключевых параметров системы. Предложенный инструментарий обладает также возможностями для типизации социальных систем и, в частности, для выявления среди них таких систем, которые склонны к «спонтанным» всплескам активности под влиянием внутренних ординарных факторов – к так называемым лавинам. Предложенный инструментарий был протестирован в исследованиях Центра фрактального моделирования социальных и политических процессов.

**Ключевые слова:** самоорганизованная критичность, розовый шум, социальные сети, политическая мобилизация.

### **Abstract**

The article contains a brief overview of methods for monitoring networked political mobilization. These methods are based on the theory of self-organized criticality (SOC). The key problem of monitoring political mobilization in social media is to establish quantifiable criteria for mobilization. Another problem is the detection of early signs of mobilization in many different groups. The author substantiates the hypothesis that the SOC communities possess all the attributes of mobilized groups. The SOC theory was originally created to describe a vast class of natural phenomena. However, the classical works contained a statement about the applicability of the SOC theory to social systems. The SOC attribute – pink noise – can be

detected in time series, which is a record of changes in key system parameters. The proposed toolkit has the capacity to classify social systems. The author examines methods for identifying such network groups that are prone to avalanches, which are “spontaneous” bursts of activity under the influence of internal ordinary factors. The proposed toolkit has been tested in studies of the Center for Fractal Simulation of Social and Political Processes.

**Keywords:** self-organized criticality, pink noise, social networks, protest movements, political mobilization

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-06-00082а «Применение теории самоорганизованной критичности для изучения и моделирования социальных систем и исторических процессов»*

### **Предмет, проблема и гипотеза**

Политическая мобилизация сетевых сообществ понимается для целей данного исследования как особое состояние групп в социальных сетях. Это состояние имеет следующие признаки:

1. Члены сообщества проявляют повышенную готовность воспринимать и распространять сетевые сообщения, а также действовать (как в Сети, так и на улицах) под воздействием сетевых месседжей.

2. Сообщества могут генерировать информационные лавины – существенные всплески сетевой активности (в частности, быстрый рост производства и дублирования сетевых сообщений) под влиянием внутренних факторов.

3. Среди членов сообщества наблюдается относительное единство и гомогенность представлений о текущей ситуации и необходимых действиях в краткосрочной перспективе, а также высокая вовлечённость в деятельность по поводу повестки дня.

Ключевая проблема мониторинга политической мобилизации в сетях заключается в установлении формализуемых – исчисляемых – критериев мобилизации, а также в обнаружении ранних признаков такого состояния во множестве различных групп.

Мы стремимся проверить гипотезу о том, что сообщества, пребывающие в состоянии самоорганизованной критичности (СОК), в сущности, можно считать мобилизованными. Состояние СОК генерирует все эффекты и свойства систем, которые характерны для политической мобилизации.

Теория СОК изначально создана для описания обширного класса естественно-научных феноменов, однако уже в классических трудах основателей теории содержалось утверждение о её применимости и к социальным системам [1]. Атрибут состояния СОК – розовый шум – может быть точно вычислен на основании динамических рядов, представляющих собой запись изменений во времени ключевых параметров системы. Поэтому инструментарий теории СОК весьма удобен для идентификации состояний сетевых сообществ.

Эта статья представляет собой краткий обзор методов для мониторинга сетевой политической мобилизации, которые основаны на теории СОК и протестированы в исследованиях Центра фрактального моделирования социальных и политических процессов: [ineternum.ru](http://ineternum.ru).

### **Подходы и инструментарий**

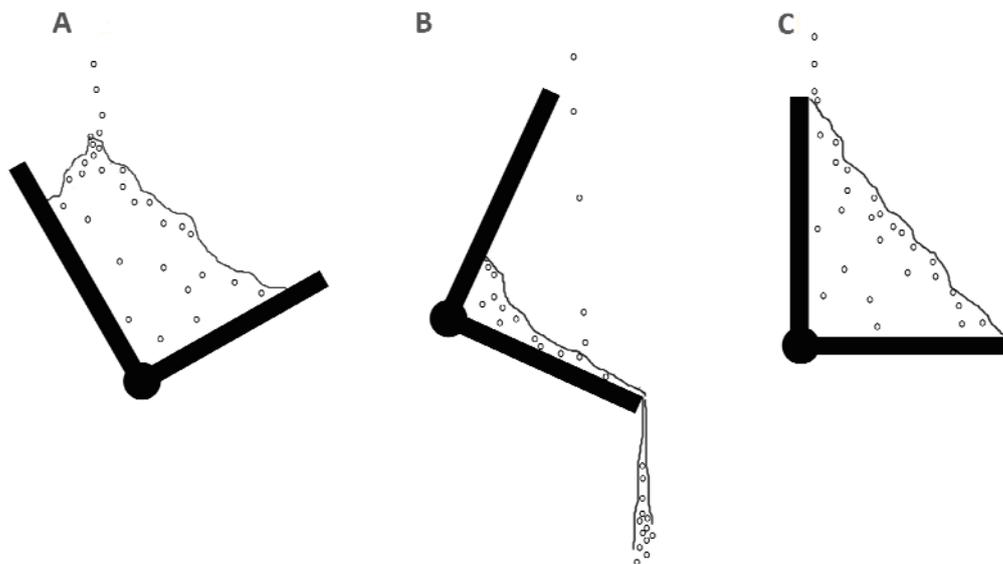
СОК может возникать в целостных системах, которые состоят из множества связанных элементов и содержат причинно-следственные петли. В самоорганизованно-критических системах (СК-системах) любые события – даже локальные, кратковременные и несильные – инициируют причинно-следственные цепочки, которые затухают недостаточно быстро и могут поэтому охватить всю систему. Поэтому сложное – порой нелинейное – поведение системы на макроуровне может формироваться в результате множества ординарных и простых микроуровневых процессов.

В петлях обратной связи некоторые причинно-следственные цепочки могут в разной мере усиливаться, другие – в разной мере ослабляться. В системе возникают колебания разных масштабов – розовый шум ( $1/f$ -шум) (рис. 1А). П. Бак так описывает этот тип процессов (сигналов): «Здесь есть изменения всех размеров: быстрые, происходящие за несколько минут, и медленные, длящиеся годами... Этот сигнал может рассматриваться как суперпозиция всплесков всевозможных масштабов; он выглядит как горный ландшафт, но только не в пространстве, а во времени. Можно посмотреть на него и как на наложение периодических сигналов всех частот – это просто другой способ сказать, что в нём есть составляющие всех временных масштабов...  $1/f$ -Сигнал сочетает в себе всплески всех длительностей» [1, с. 68–69].

СК-системы склонны генерировать лавины – скоротечные и масштабные отклонения основных параметров. В реальных социальных и физических системах розовый шум, поэтому, считается предвестником катастроф и радикальных трансформаций. Такие катастрофы и трансформации возникают благодаря глубинным внутренним свойствам СК-систем. Совершенно обычные явления, в течение длительного времени не имевшие каких-либо масштабных общесистемных последствий, могут, таким образом, генерировать быстрые и катастрофические лавины. Для внешнего наблюдателя такие эффекты представляются неожиданными и «беспричинными». В момент лавины имеет место нелинейный эффект: нарушение соразмерности причин и следствий. Состояние СОК подобно растянутой во времени точке бифуркации, когда незначительные импульсы – внешние или внутренние – могут принципиально изменить направления эволюции системы. Системы, как правило, чрезвычайно быстро проходят через точки бифуркации: состояния подобного рода неопределённости скоротечны. Однако СК-системы обнаруживают способность длительно пребывать в состоянии динамического равновесия, благодаря сопряжению процессов роста напряжённости и сброса – релаксации [11].

Проявления розового шума иногда описываются как «прерывистое равновесие». «...Это явление, – пишет Г. Малинецкий, – наблюдается в процессе биологической эволюции, функционировании социальных и технических систем. Типичной оказывается ситуация, когда в течение очень большого времени ничего заметного не происходит, а затем стремительные изменения кардинально меняют облик системы, наступает время революций, что, разумеется, не отменяет множества мелких событий, которых мы просто не замечаем» [9, с. 39].

Базовой эвристической метафорой СОК является динамика осыпания кучи песка. Мы несколько модифицировали этот образ, поместив кучу на L-образную подставку (рис. 1).



**Рис. 1.** Стабильное (А), хаотичное (В) и критическое (С) состояния кучи песка

Если наклон подставки не даёт песку сыпаться вниз (1А), то куча находится в относительно стабильном состоянии. Поскольку приток песчинок сверху невелик, то это не влияет существенно образом на систему в обозримом времени. Если экспериментатор слишком сильно наклонит подставку (1В), куча перейдёт в хаотическое состояние и сыплется с подставки. В этом случае добавление нескольких песчинок сверху тоже ничего не решает.

Критическое состояние (1С) существует на границе хаоса и порядка. Немногочисленные песчинки, которые насыпаются сверху, приводят к тому, что куча растёт. Склон становится всё круче, т.е. управляющий параметр достигает критического значения. В результате через некоторое время происходит серия оползней разной величины. Наконец, происходит лавина – оползень, который захватывает очень большую или даже всю площадь склона. Значительная порция песка, в результате лавины, сыплется с подставки вниз. Однако, за счёт притока песка сверху, наклон склона постепенно вновь возрастет – и песок вновь сыплется вниз. Система, таким образом, сама поддерживает угол наклона в критическом (или почти критическом) значении. Чередование оползней разных размеров представляет собой событийный ряд, который является розовым шумом.

Лавина, как и любой другой оползень, инициируется всего лишь одной песчинкой, которая переместилась вниз по склону. Разумеется, это не какая-то исключительная песчинка. Она смогла сыграть значительную роль, лишь поскольку вся система находилась в критическом состоянии. Средний наклон склона кучи был близок к критическому и, следовательно, потенциально нестабильные участки (участки с очень большим локальным наклоном) представляли собой почти связанный кластер. В такой ситуации достаточно одного слабого воздействия, чтобы вся система начала вести себя как единое целое и синхронно осыпаться.

Для идентификации розового шума (и, следовательно, для построения гипотез о наличии в системе СОК) производится спектральный анализ динамических рядов. Если в спектрограмме «мощность – частота» прослеживается степенной тренд, то показатель степенного закона позволяет определить ряд / процесс / сигнал как розовый шум. В формуле степенного тренда (1)  $f$  – это частота,  $S$  – мощность,  $\alpha$  – показатель степени:

$$S \sim \frac{1}{f^\alpha} \quad (1).$$

П. Бак указывал, что степень  $\alpha$  для розового шума может принимать значения от 2 до 0 [1, с. 69.]. Ближе к  $\alpha=2$  розовый шум плавно переходит в красный; ближе к  $\alpha=0$  шум, гипотетически, становится белым.

Спектрограмма произвольного образца розового шума представлена на рис. 2 справа.

— степенная линия тренда  $S(f) \sim 1/f^\alpha$

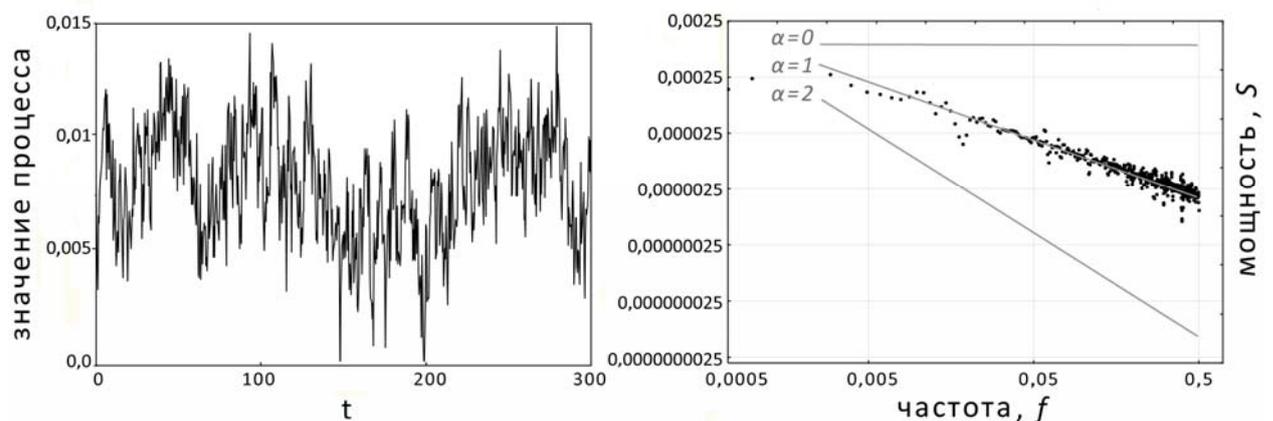


Рис. 2. Образец розового шума и его спектрограмма

Достоверность тренда и, следовательно, репрезентативность величины  $\alpha$  определялась посредством  $R^2$ . Чем ближе значение  $R^2$  к 1, тем точнее тренд аппроксимирует данные.

### Литература

Серия теоретических и обзорных работ (включая классические труды основателей теории СОК) поддерживает тезис о применимости и эвристической продуктивности теории СОК в социо-гуманитарных исследованиях: это, в частности, публикации П. Бака [1], Д. Тьюкота [24; 28; 29], М. Бьюкенена [20], Г. Бранка [17; 18; 19], Г.Г. Малинецкого [9], Л.И. Бородкина [3]. Т. Крона и Т. Грунда [22].

В ряде работ обнаруживаются степенные законы, косвенно свидетельствующие о СОК, в социальных процессах (таких как войны, забастовки, экстремистские акции) – это статьи Д. Робертса и Д. Тьюкота [24], Л.-Е. Цедермана [21], М. Биггса [16] С. Пиколи и коллег [23]. Непосредственно розовый шум в социальной реальности удалось показать в работах И. Шимады и Т. Коямы [25], Р.-А. Тьетара [27], Б. Тадич и коллег [26].

Значимыми публикациями для разработки дизайна наших исследований являются статьи Б. Тадич и коллег, которые доказали наличие СОК в интернет-сообществах, а также И. Шимады и Т. Коямы, которые выдвинули предположение, что появление розового шума в электоральной статистике может свидетельствовать о готовности определённых групп избирателей к радикальной политической трансформации.

В российской политологии распространяются представления о возрастающем (и в некоторых случаях – определяющем) влиянии сетевых и виртуальных феноменов на политические процессы. Подобные идеи обосновываются в исследованиях Л.В. Сморгунова [12], С.В. Володенкова [4], С.Н. Федорченко [13; 14] и ряда других исследователей. В 2018 г. авторитетное издание «История и математика» разместило на своих страницах знаковую статью А.С. Малкова, Ю.В. Зинькиной и А.В. Коротаева «К математическому моделированию степенных и сверхстепенных распределений в социальных системах» [10].

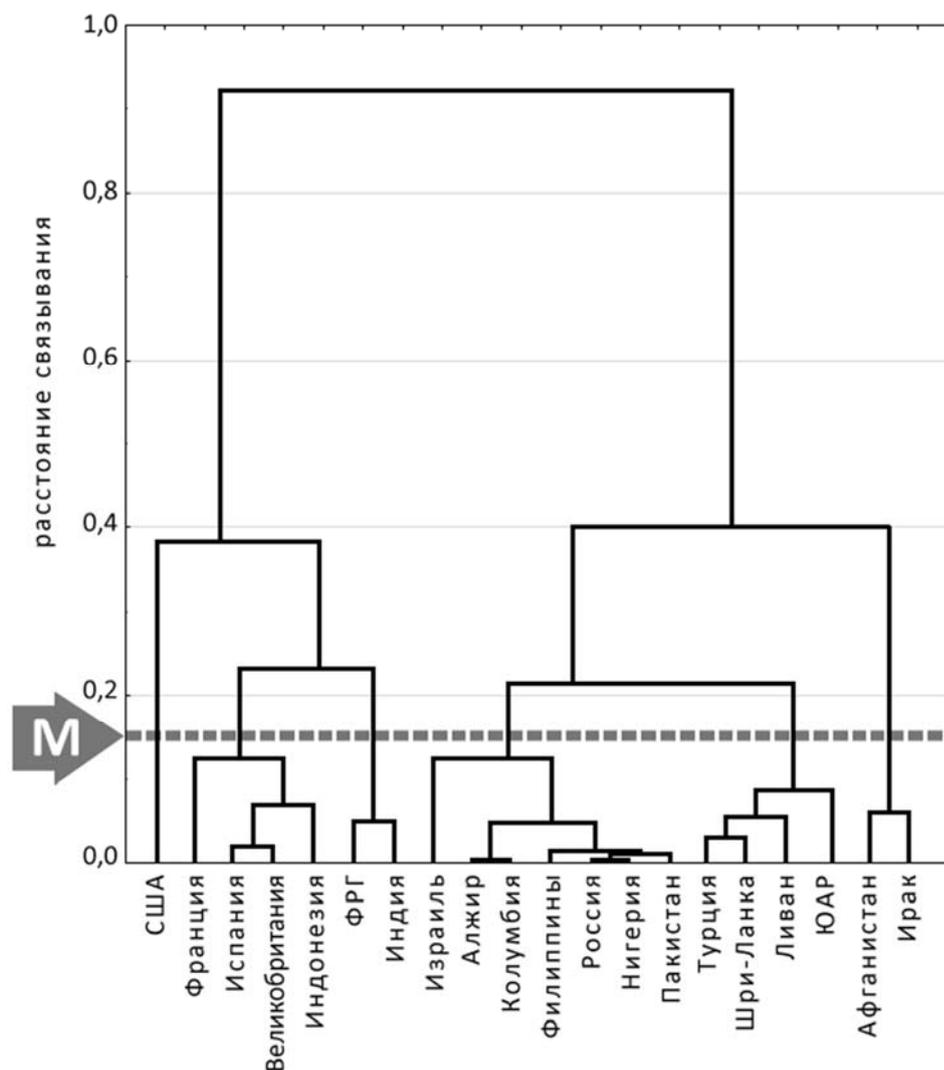
### Тестирование инструментария

В течение нескольких последних лет Центр фрактального моделирования сотрудничает с известными российскими специалистами в области социальной истории для изучения социальных систем, демонстрировавших СОК в историческом прошлом.

Нам удалось не только обнаружить розовый шум в исторических процессах, но и показать на конкретно-исторических примерах, что изменение типа / цвета сигнала является маркером для отыскания момента и направления трансформации социальных систем. Для решения подобных исследовательских задач, в самом простом случае, достаточно сравнить величины  $\alpha$  двух разных по времени (и приблизительно одинаковых по длительности) суб-периодов (отрезков) одного того же процесса.

Так, мы исследовали формирование единого рынка зерна в XVII – начале XX в., демографический переход в крестьянских социумах [30]. Это позволило установить время и характер трансформации соответствующих объектов.

Предложенный инструментарий обладает хорошими возможностями для типизации социальных систем и, в частности, для выявления среди них таких систем, которые обладают склонностью к «спонтанным» всплескам активности под влияние внутренних ординарных факторов. Так, нами были изучены ряды данных, демонстрирующие активность террористического подполья в разных странах мира, начиная с 1970-х годов (где это было возможно) вплоть до нашего времени [8; 15]. Кластерный анализ полученных величин  $\alpha$  показал, что страны распределяются в несколько групп. Крайние группы представлены, с одной стороны, США (околонулевая величина  $\alpha$ ), а с другой стороны – Ираком и Афганистаном ( $\alpha$  немного более 1) – рис. 3.



**Рис. 3.** Дендрограмма с результатами кластеризации 20-ти стран по величине  $\alpha$  за 2008–2014 гг.

Для исследования политической мобилизации определённый интерес представляют работы, посвящённые крестьянским и городским бунтам, подготовленные совместно с профессором В.В. Канищевым. Мы исследовали длинные ряды крестьянской протестной активности в губерниях Российской империи в XIX в. (погодные данные), а также городские протестные события в 1917–1918 гг. (данные были взяты с разбивкой по неделям) [31]. Обнаружено, что в крестьянских выступлениях некоторых губерний наблюдался розовый шум. Это позволило определить, что, в силу системных внутренних свойств, крестьянские общины были готовы к мятежам буквально под любым предлогом. Периоды затишья в этом случае никак не отменяли тех глубинных и малозаметных для современников процессов, которые генерировали время от времени массовые кровавые события. Некоторые результаты этих исследований представлены на рис. 4.

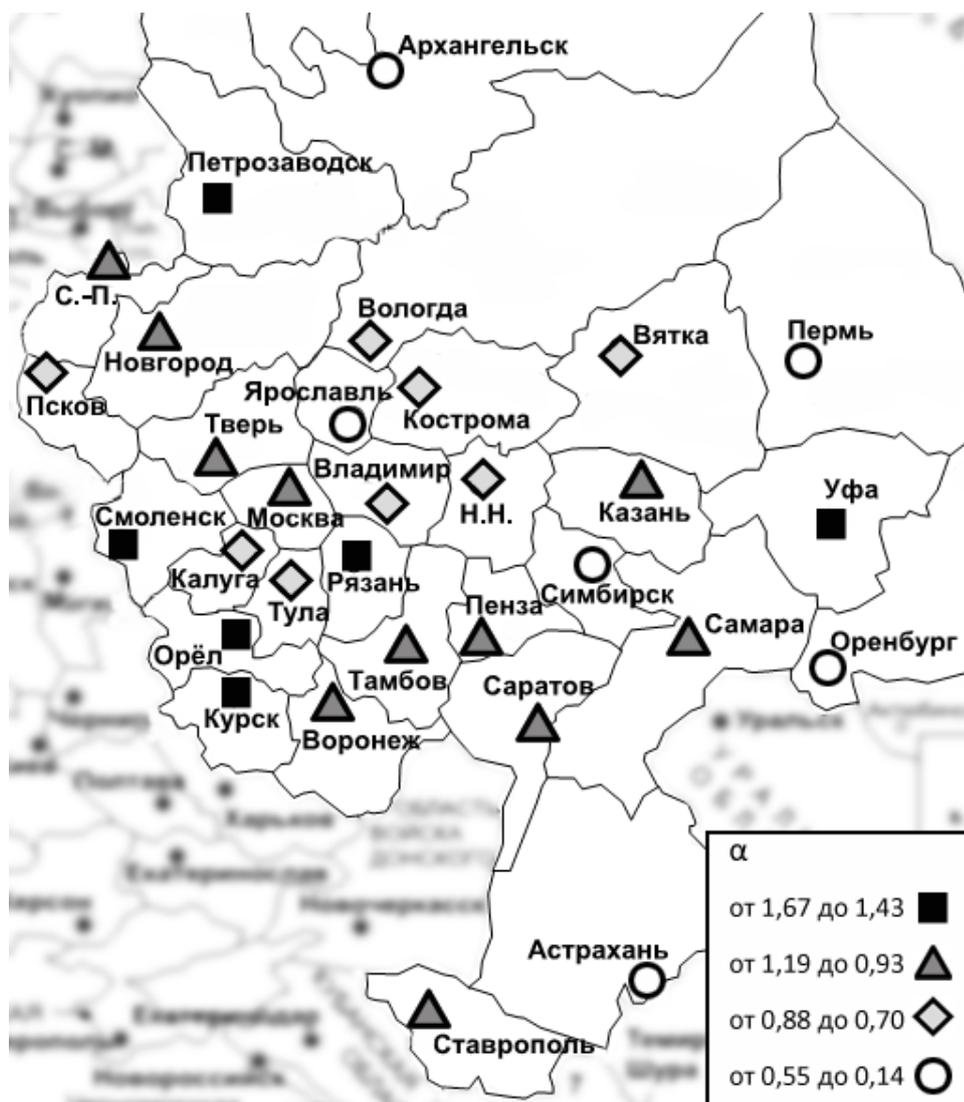


Рис. 4. Географическое распределение губерний с различными величинами  $\alpha$  (границы губерний на 1914 г.)

В отношении городских бунтов периода двух русских революций следует отметить, что системные причины для «спонтанной» активности обнаруживаются лишь в некоторых регионах – главным образом, в Петрограде и на Украине – см. табл. 1.

Таблица 1

Идентификации розового шума в динамике городских бунтов в 1917–1918 гг.

Регион	общее количество событий	$\alpha$	$R^2$
вся Россия	1172	0,72	0,637
Поволжье (Среднее Поволжье)	147	0,29	0,122
Украина и Молдавия	165	0,99	0,581
Центрально-Промышленный район (без Москвы)	192	0,24	0,210
Центрально-Черноземный район	80	0,24	0,093
Москва	90	0,49	0,314
Петроград	194	0,76	0,319

В работе, подготовленной совместно со специалистом Республиканского исследовательского научно-консультационного центра экспертизы Н.С. Барабаш, мы попытались прояснить механизм трансляции социальных новаций в системе взаимосвязанных сообществ в соцсетях [5]. Обнаружены некоторые свидетельства в пользу утверждения о том, что группы в состоянии СОК склонны к самоорганизации – к созданию информационных каналов, по которым распространяются новации. 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 [6].

В этом исследовании было выдвинуто предположение, что идентификация розового шума позволяет обнаружить настоящие социальные группы, а не механические скопления пользователей или даже ботов. СОК имеет возможность возникнуть лишь в тех сообществах, которые являются настоящими результатами самоорганизации людей, которые воздействуют друг на друга, а также воспринимают и реагируют на сообщения и состояния друг друга и всей группы.

В работе [7] представлены некоторые эмпирические данные и анализ, поддерживающие гипотезу о том, что нелинейные эффекты (спонтанная перефокусировка общественного внимания на «странные» темы и вопросы, «неожиданная» сверхпопулярность отдельных сообщений и пр.) могут возникнуть в сетевой жизни как результаты функционирования некоторых сообществ и кластеров сообществ в режиме СОК. Общенациональная политическая повестка дня в социальных медиа, следовательно, может находиться под сильным влиянием самоорганизованно-критических сетевых сообществ.

Связь уличных насильственных акций с возникновением розового шума в сетевых протестных группах исследована на примере двух сетевых кластеров (в Фейсбуке и во ВКонтакте), один из которых поддерживал импичмент Дилмы Русеф в Бразилии в 2016 г. [7], а другой – Энергوماйдан 2015 г. и революцию 2018 г. в Армении [2]. Во всех этих эпизодах установлено, что розовый шум сопровождал политическую мобилизацию виртуальных сообществ, а информационные лавины способствовали тому, что виртуальная активность выплёскивалась на улицы. Некоторые результаты этих исследований представлены на рис. 5 и 6, где заметно, что розовый шум распространяется в сетях именно во время массовых акций и усиления информационного противостояния (V субпериод в бразильском эпизоде, II субпериод в ходе революции 2018 г. в Армении).

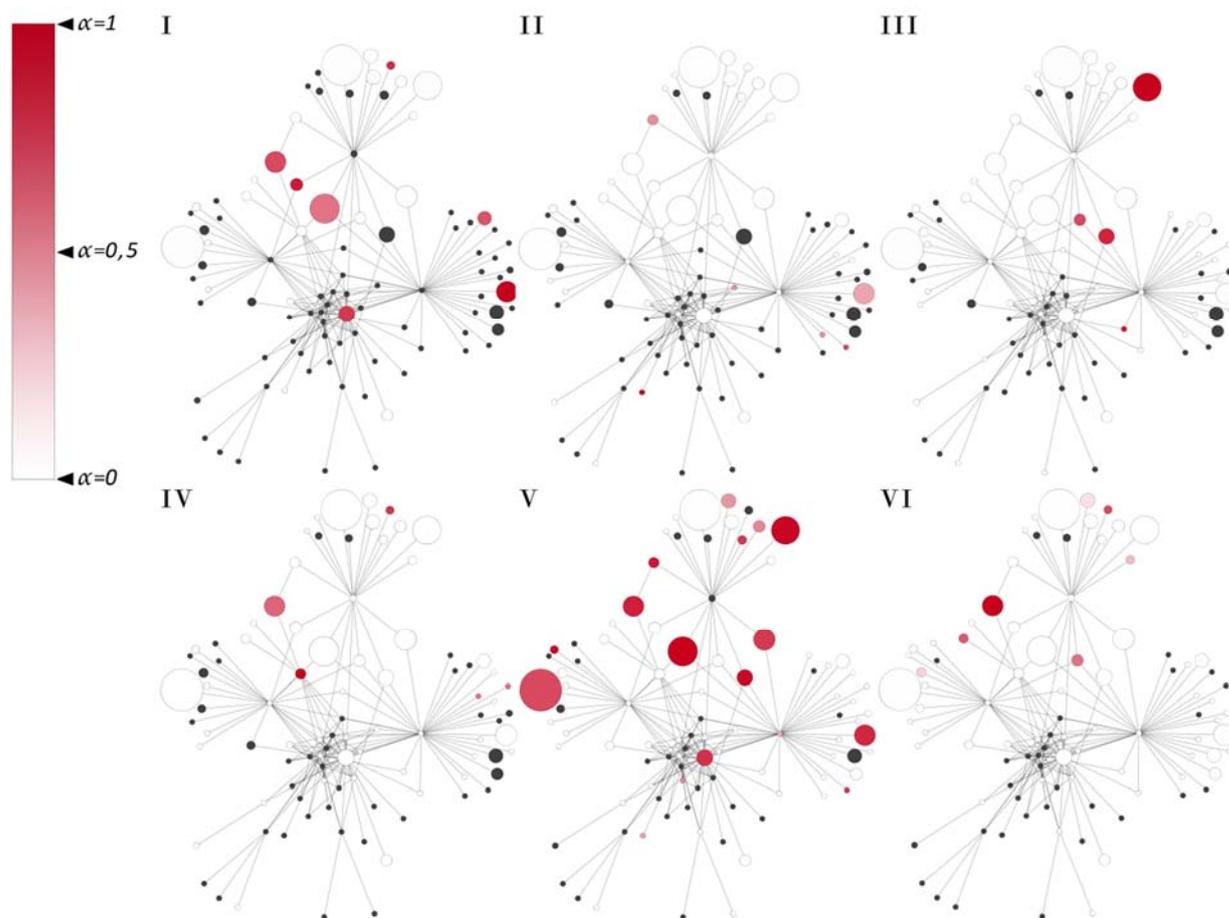


Рис. 5. Розовый шум в Сети, Бразилия, 01.01.2015 – 31.08.2016

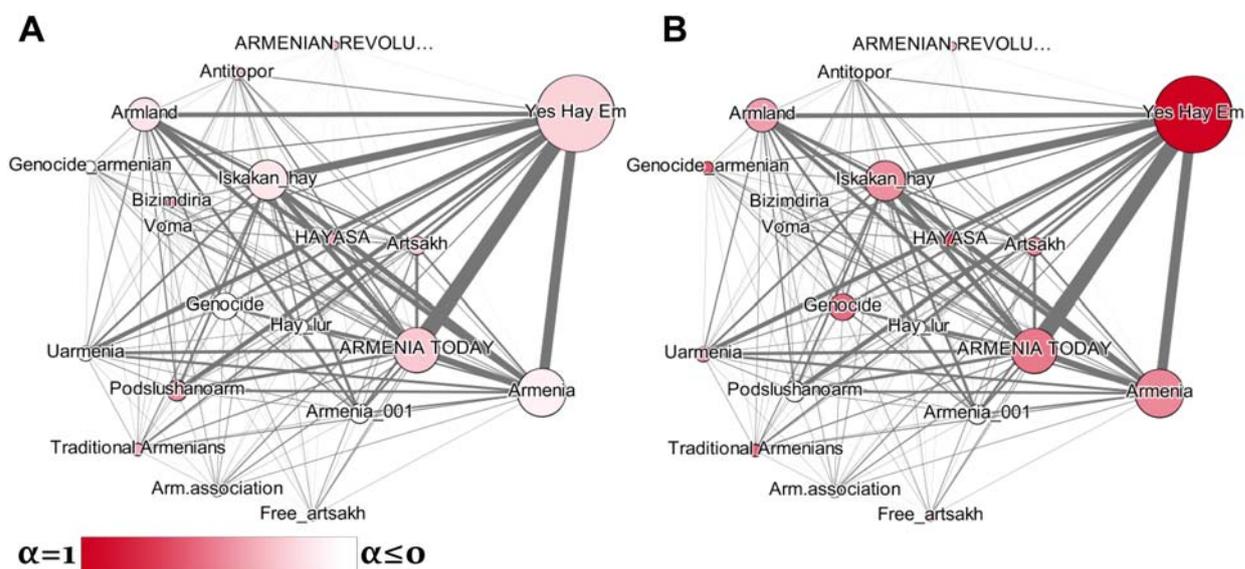


Рис. 6. Кластер протестной сети во ВКонтакте. А – субпериод 08.09.2017-06.01.2018. В – 08.01.2018-08.05.2018

### Объекты

В контексте изучения политической мобилизации принципиально важным представляется вопрос о том, какую именно активность сетевых сообществ необходимо подвергнуть спектральному анализу, чтобы иметь возможность обнаружить розовый шум и, следовательно, критичность или, не обнаружив такового, аргументировано отрицать наличие критичности. Активность групп в социальных медиа генерирует несколько

различных числовых рядов: например, динамика количества лайков, динамика посещений и просмотров и некоторые другие. Какой из множества динамических рядов следует выбрать? Мы полагаем, что исходным материалом для анализа должна быть подневная репостная активность. Такой ряд состоит из чисел, каждое из которых представляет собой измеренное за определённый день количество репостов (перепечаток) со страницы сообщества – т.е. количество сообщений, которые пользователи (не только члены сообщества) восприняли и распространили среди других пользователей.

Репост является фундаментальным актом рефлексии в Сети. Репост означает, что информация в той или иной мере отрефлексирована пользователем и размножена среди иных пользователей. Репосты связывают пользователей рефлексивностью. Именно репосты являются способом распространения информации в сетевых структурах и придают сетевым медиа способность влиять на мнения, оценки и поведение своих участников.

По нашим оценкам, для достижения удовлетворительной точности при вычислении величины  $\alpha$  необходимо, как минимум, 75 точек данных. В особых случаях этот минимум может быть снижен, когда получение новой информации представляется более важной задачей, нежели обеспечение точности измерений.

Единичные отрезки времени, в течение которых агрегируются данные, должны быть соразмерны жизненному циклу изучаемых событий. Именно поэтому мы предлагаем использовать подневные данные. Сведения, полученные с разрешением в несколько часов или минут, представляются излишними для анализа политического поведения пользователей и динамики состояний групп. Вместе с тем, данные с низким разрешением – неделя или месяц – могут нивелировать значимые колебания активности.

Таким образом, минимальный отрезок времени, с которым может быть сопоставлена некоторая величина  $\alpha$ , равен 75 дням. Однако, конечно, можно рассматривать несколько субпериодов, накладывающихся друг на друга и смещённых на некоторое небольшое количество дней. В этом случае, появляется возможность достаточно оперативно обнаружить переход сообществ в состояние критичности, т.е. начало лавиноопасного периода.

Принципиальной проблемой также является выбор групп, которые являются объектами мониторинга и анализа. В наших исследованиях предложены несколько вариантов решения этой проблемы.

Во-первых, объектом может быть механическая совокупность групп, которые по тому или иному критерию обладают сетевым влиянием. Так, для анализа воздействия СК-сообществ на сетевую политическую повестку нами были взяты топ-100 интернет-ресурсов, наиболее цитируемых в Сети по версии Brand Analytics за октябрь 2018 г.: <https://br-analytics.ru/mediatrends/media/>. Недостатком этого подхода является несвязность изучаемых групп; а достоинством – включение в исследование групп разных политических ориентаций.

Второй подход заключается в построении сетевых кластеров, т.е. совокупности связанных групп. Но каков должен быть критерий для фиксации связи? Для целей изучения политической мобилизации имеет смысл, полагаем, фиксировать связи рефлексивности, т.е. такие связи, которые представляют собой каналы для распространения политических сообщений. Мы предложили несколько способов выявления связей рефлексивности (выбор между которыми часто зависит от технических возможностей конкретного исследования):

1. Связь между двумя группами может быть обнаружена и формализована посредством вычисления количества пользователей, которые являются участниками обеих групп. Действительно, если два сообщества имеют достаточно большое количество общих членов, то следует предположить, что для таких сообществ характерен интенсивный обмен сообщениями: мнениями, оценками, новостями и пр. Кластер в этом случае

формируется из групп, которые связаны некоторым минимальным количеством общих пользователей. На силу связей указывает количество общих пользователей.

2. Количество репостов (перепечаток) сообщений из одной группы на странице другой группы также указывает на силу рефлексивности. Такой подход предполагает чёткую хронологическую локализацию полученных кластеров, поскольку критерий для установления связей довольно пластичен и с течением времени конфигурация связей может существенно меняться.

3. Связь между группами может быть обнаружена в политике администраторов групп. Например, в Фейсбуке администраторы имеют возможность заполнить раздел «Страницы, которые нравятся этой странице». Сведения из этого раздела являются публичными. Безусловно, это довольно формальный критерий; однако если администраторы группы по какой-либо причине сочли необходимым обозначить родственные группы, то следует предположить, это имеет значение при модерировании сообщений, которые публикуются в группе.

### **Заключение**

Теория СОК, полагаем, предоставляет исследователям инструментарий для мониторинга политической мобилизации в социальных медиа. Этот инструментарий обладает рядом достоинств. Во-первых, он имеет глубокое теоретическое обоснование: описание СК-систем в рамках теории СОК совпадает с известными политологам характеристиками отобризованных сообществ. Виртуальная среда, в которой формируются быстрые неограниченные связи между большим множеством элементов, весьма способствует появлению эффектов СОК. Во-вторых, инструменты и подходы теории СОК, при решении данного рода задач, представляются весьма экономичными в плане требуемых исходных данных. Анализ одного динамического ряда позволяет обнаружить ключевое свойство сообщества и установить, как оно меняется во времени. В-третьих, в рамках предложенного инструментария исследователь может оперировать точной величиной  $\alpha$ . Этот инструмент измерения свободен от некоторой расплывчатости, которая свойственна некоторым иным способам фиксации таких качественных свойств как мобилизация.

### **Финансирование**

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-06-00082а «Применение теории самоорганизованной критичности для изучения и моделирования социальных систем и исторических процессов».

### **Литература**

1. *Бак П.* Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. – М.: УРСС, 2014. – 276 с.
2. *Барабаш Н.С., Жуков Д.С., Кунавин К.С., Лямин С.К.* Протесты на улицах и в сетях: новые исследовательские методы на основе теории самоорганизованной критичности // *Инноватика и экспертиза: научные труды.* – 2017. – № 1 (22). – С. 54–66. URL: <http://inno-exp.ru/archive/22/> (дата обращения: 20.05.2018).
3. *Бородкин Л.И.* Методология анализа неустойчивых состояний в политико-исторических процессах // *Международные процессы.* – 2005. – Т.3. – №7. – С. 4–16.
4. *Володенков С.В.* Интернет как технологическое пространство современных политических коммуникаций: перспективы и сценарии развития // *Журнал политических исследований.* – 2017. – №. 3. – С. 79–100. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/18667/view> (дата обращения: 10.02.2019).
5. *Жуков Д.С., Барабаш Н.С.* Распространение новаций в социальных сетях: взгляд с позиции теории самоорганизованной критичности // *Инноватика и экспертиза.* – 2017. – № 3. – С. 59–74. URL: <http://inno-exp.ru/archive/21/> (дата обращения: 20.05.2018).

6. Жуков Д.С., Лямин С.К. Изучение компьютерных моделей скоротечного разрушения социальных и политических институтов // *Иноватика и экспертиза: научные труды*. – 2012. – № 2. – С. 25–33. URL: [http://inno-exp.ru/archive/09/innov\\_9\\_2012\\_25-33.pdf](http://inno-exp.ru/archive/09/innov_9_2012_25-33.pdf) (дата обращения: 18.10.2018).
7. Жуков Д.С., Лямин С.К. Революции в Сети: приложение теории самоорганизованной критичности к изучению протестных движений // *Историческая информатика*. – 2017. – № 4. – С. 11–43. URL: [http://e-notabene.ru/istinf/article\\_24559.html](http://e-notabene.ru/istinf/article_24559.html) (дата обращения: 20.05.2018).
8. Жуков Д.С. Применение теории самоорганизованной критичности для исследования террористической активности // *История и Математика*. Отв. ред. Л.Е. Гринин, А.В. Коротаяев. – Волгоград: Изд-во «Учитель». – 2018. – С. 177–199.
9. Малинецкий Г.Г. Чудо самоорганизованной критичности: вступительная статья // Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. – М.: УРСС, 2013. – С. 13–44.
10. Малков А.С., Зинькина Ю.В., Коротаяев А.В. К математическому моделированию степенных и сверхстепенных распределений в социальных системах // *История и математика*. Отв. ред. Л.Е. Гринин, А.В. Коротаяев. – Волгоград; Учитель., 2018. – С. 148–176.
11. Подлазов А.В. Новые математические модели, методы и характеристики в теории самоорганизованной критичности. Дис. ... канд. ф-м. наук. – М: Ордена Ленина Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2001. – 120 с.
12. Сморгунов Л.В. Электронные платформы и сетевое научение: как трансформируется публичное пространство // *Технологии информационного общества в науке, образовании и культуре: сборник научных статей*. – СПб: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014. – С. 259–262.
13. Федорченко С.Н. Политические технологии в компьютерных играх как новый формат информационного воздействия // *Информационные войны*. – 2018. – № 4 (48). – С. 85–97.
14. Федорченко С.Н. Computer Game Studies: новые горизонты для политической науки и практики // *Вестник Омского университета*. Серия: Исторические науки. – 2018. – №4. – С. 172–182.
15. 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. DOI: 10.4119/UNIBI/ijcv.637. URL: <http://www.ijcv.org/index.php/ijcv/article/view/637> (дата обращения: 08.02.2018).
16. Biggs M. Strikes as Forest Fires: Chicago and Paris in the Late Nineteenth Century // *American Journal of Sociology*. – 2005. – Vol. 110. – Issue 6. – P. 1684–1714.
17. 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. – Issue 2. – P. 427-445.
18. 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. – Issue 1. – P. 25-44.
19. Brunk G.G. Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality // *Journal of Theoretical Politics*. – 2002. – Vol. 14. – Issue 2. – P. 195-230.
20. Buchanan M. Ubiquity. The Science of History... or Why the World is Simpler Than We Think – London: Weidenfeld & Nicolson, 2000. – 288 p.
21. Cederman L.-E. Modeling the Size of Wars: From Billiard Balls to Sandpiles // *American Political Science Review*. – 2003. – Issue 1. – P. 135-150.
22. Kron T., Grund T. Society as a Self-Organized Critical System // *Cybernetics & Human Knowing*. – 2009. – Vol. 16. – Issue 1-2. – P. 65-82.
23. 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. – P. 1-3.

24. *Roberts D.C., Turcotte D.L.* Fractality and Self-Organized Criticality of Wars // *Fractals*. – 1998. – Vol. 6. – Issue 4. – P. 351-358.
25. *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. DOI: 10.7906/indecs.13.3.1.
26. *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. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.032307> (дата обращения: 18.10.2018).
27. *Thietart R.-A.* Strategy dynamics: Agency, path dependency, and self-organized emergence // *Strategic Management Journal*. – 2016. – Vol. 37. – Issue 4. – P. 774-792.
28. *Turcotte D.L.* Self-organized criticality // *Reports on Progress in Physics*. – 1999. – Vol. 62. – Issue 10. – P. 1377-1377.
29. *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. – Issue 1. – P. 2463-2465.
30. *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. – P. 1-10. DOI: 10.1177/2158244016683216. URL: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2158244016683216> (дата обращения: 18.10.2018).
31. *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. URL: [https://revistaacessolivre.files.wordpress.com/2017/12/acesso-livre-n-8\\_jul-dez\\_2017\\_a.pdf](https://revistaacessolivre.files.wordpress.com/2017/12/acesso-livre-n-8_jul-dez_2017_a.pdf) (дата обращения: 18.10.2018).