

DOI 10.35264/1996-2274-2019-3-123-131

ПРИЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ САМООРГАНИЗОВАННОЙ КРИТИЧНОСТИ К ИЗУЧЕНИЮ ЭЛЕКТОРАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ

Д.С. Жуков, доц. Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, канд. ист. наук, доц., *ineternatum@mail.ru*
Рецензент: *Д.В. Михлик*

Статья посвящена методологическим проблемам, связанным с приложением теории самоорганизованной критичности (СОК) к изучению политических процессов. Автор рассматривает динамику электоральных предпочтений на выборах членов Палаты представителей Конгресса США в разных штатах с 1958 по 2016 г. Цель исследования – проверить, можно ли распространить на США гипотезу японских исследователей И. Шимады и Т. Коямы. Гипотеза состоит в том, что обнаружение розового шума (атрибута СОК) в динамических рядах электоральной активности может быть хорошим индикатором для выявления политико-трансформационного потенциала соответствующего общества. Автор показывает, что в некоторых штатах предпочтения избирателей действительно изменялись в режиме розового шума. Это дает основания строить предположения о возможных лавинообразных скачках электорального поведения в будущем.

Ключевые слова: самоорганизованная критичность, розовый шум, выборы, политические процессы, США.

APPLICATION OF THE THEORY OF SELF-ORGANIZED CRITICALITY TO THE STUDY OF ELECTORAL BEHAVIOR

D.S. Zhukov, Associate Professor, G.R. Derzhavin Tambov State University, Doctor of History, *ineternatum@mail.ru*

The article is devoted to methodological problems associated with the application of the theory of self-organized criticality (SOC) to political processes. The author considers the dynamics of electoral preferences in the elections of US representatives in different states from 1958 to 2016. The purpose of the study is to verify whether the hypothesis of Japanese researchers I. Shimada and T. Koyama can be extended to the United States. The hypothesis is that the detection of pink noise (an attribute of SOC) in the time series of electoral activity can be a good indicator to identify the political and transformational potential of the society. The author shows that voters' preferences changed in pink noise mode in some states. This gives reason to build assumptions about possible avalanche-like jumps in electoral behavior in the future.

Keywords: self-organized criticality, pink noise, elections, political processes, USA.

Задача и гипотеза

Задачей исследования является развитие гипотезы, выдвинутой японскими учеными И. Шимадой и Т. Коямой [1]. Они предположили, что изучение динамики электоральной активности с помощью инструментария теории самоорганизованной критичности (СОК) позволяет установить вероятность значительных скачков электорального поведения, которые способны изменить конфигурацию власти в стране. Таким образом, трансформацион-

ный потенциал социума может быть точно рассчитан на основании длинных динамических рядов, содержащих результаты голосований за основные партии. Такие ряды подвергаются спектральному анализу, и если в спектрограммах прослеживается степенной тренд, вычисляется показатель степени α . Этот показатель позволяет определить, находятся ли соответствующие социальные субъекты/группы в состоянии критичности и готовы ли к так называемым лавинам — масштабным и скоротечным изменениям поведения.

И. Шимада и Т. Кояма проверили эту гипотезу на основе статистики голосований за ключевые японские партии в послевоенный период и получили результаты, совпадающие с качественными политологическими наблюдениями.

Техническая проблема этого метода состоит в том, что для получения таких результатов спектрального анализа, которые можно было бы надежно интерпретировать, требуются довольно длинные динамические ряды. Подобные ряды могут быть получены только для тех стран, где партийная система оставалась устойчивой на протяжении нескольких десятилетий. Например, в Японии в течение всего послевоенного периода, за редким исключением, выигрывала выборы и пребывала у власти только одна партия — Либерально-демократическая. Другой пример стабильной партийной системы дают США. Именно поэтому американская электоральная статистика была привлечена нами в качестве эмпирической базы для развития данной гипотезы.

Полагаем, что хотя бы частичное подтверждение упомянутой гипотезы позволит получить удобный инструмент для выявления лавиноопасных периодов в развитии политических систем.

Подходы, методы и литература

Теория СОК претендует на универсальное объяснение широкого спектра нелинейных эффектов в естественных системах (физических, биологических и пр.). В течение последних десятилетий идеи и подходы СОК проникают и в социогуманитарное предметное пространство.

Состояние критичности, среди прочего, означает, что любые события — даже слабые и кратковременные — запускают в системе причинно-следственные цепочки, которые могут распространиться по всей системе. Если в системе имеется множество взаимодействующих элементов, а также содержатся петли обратной причинно-следственной связи, то колебания, вызванные начальными импульсами, могут усиливаться или ослабляться, оказывая длительное глобальное воздействие на систему.

Ключевые параметры системы при этом изменяются в режиме розового шума. Это фрактальный процесс: волна, по которой идет рябь, по которой, в свою очередь, также идет рябь меньшего масштаба и т. д.

Являясь атрибутом СОК, розовый шум может быть строго идентифицирован в динамических рядах/сигналах, которые представляют собой запись изменений во времени ключевых параметров системы. Если в спектрограмме «мощность — частота» такого сигнала четко прослеживается степенная закономерность, то показатель степени $\alpha \approx 1$ указывает на розовый шум. Показатель $\alpha \approx 0$ свойствен хаотическому белому шуму. Поскольку для однозначной идентификации белого шума требуются иные приемы, то на основании величины α можно лишь строить предположения о белом шуме. Один из создателей теории СОК Пер Бак полагал, что показатель α для розового шума может варьироваться от 0 до 2 [2]. Границы этого диапазона характерны для иных типов шумов: соответственно, белого (гипотетически) и красного. Очевидно, в диапазонах от 1 до 0 и от 1 до 2 имеет место плавная смена типа сигнала.

СК-системы, пребывая длительное время в состоянии динамического равновесия, тем не менее склонны к лавинам, которые представляют собой очень сильные и скоротечные изменения основных параметров. На практике изменения такого рода ведут к быстрой качественной трансформации системы. Для внешнего наблюдателя подобного рода катастрофи-

ческие события представляются, как правило, беспричинными и неожиданными. Ведь лавины инициируются вполне обычными глубинными процессами, которые в течение длительного времени могли не проявлять своего колоссального трансформационного потенциала.

В работах, которые заложили основы теории СОК, неоднократно встречаются высказывания о том, что эта теория может быть с успехом использована применительно не только к физическим, но и к социальным системам [2, 3]. Ряд зарубежных и отечественных исследователей способствовали развитию идей СОК, в том числе в социогуманитарной сфере. Это М. Бьюкенен [4], Д. Тьюкот [5, 6], Г. Бранк [7–9], Г.Г. Малинецкий [10, 11], Л.И. Бородкин [12, 13], А.В. Подлазов [14] и др. Так, Д.С. Жуков, В.В. Канишев и С.К. Лямин [15, 16] исследовали эффекты СОК в исторических процессах, Б. Тадич и коллеги [17] обнаружили СОК в активности интернет-сообществ.

Исходные данные

Для фиксации электоральных предпочтений избирателей были привлечены результаты голосований по штатам за представителей (членов нижней палаты Конгресса). Были взяты абсолютные количества голосов, которые получили в каждом штате кандидаты-республиканцы в совокупности и кандидаты-демократы в совокупности. Таким образом, было получено два ряда: динамика электоральной поддержки республиканцев и демократов.

Безусловно, об электоральной поддержке партий свидетельствуют не только выборы представителей, но и выборы сенаторов, президента и губернаторов. Однако нам удобно воспользоваться именно материалами голосований за представителей, поскольку такие выборы проходят каждые два года во всех штатах. Это позволяет получить наибольшее количество точек данных по сравнению с президентскими выборами (каждые четыре года) и выборами сената (каждые два года переизбирается только треть сената, и выборы, соответственно, проходят не во всех штатах).

Изученные ряды данных охватывали выборы с 1958 по 2016 г. и были извлечены из официальных отчетов Statistics of the presidential and congressional election, которые издаются Офисом клерка палаты представителей США [URL: <https://history.house.gov/Institution/Election-Statistics/Election-Statistics> (дата обращения: 10.12.2019)]. Примеры некоторых рядов представлены на рис. 1.

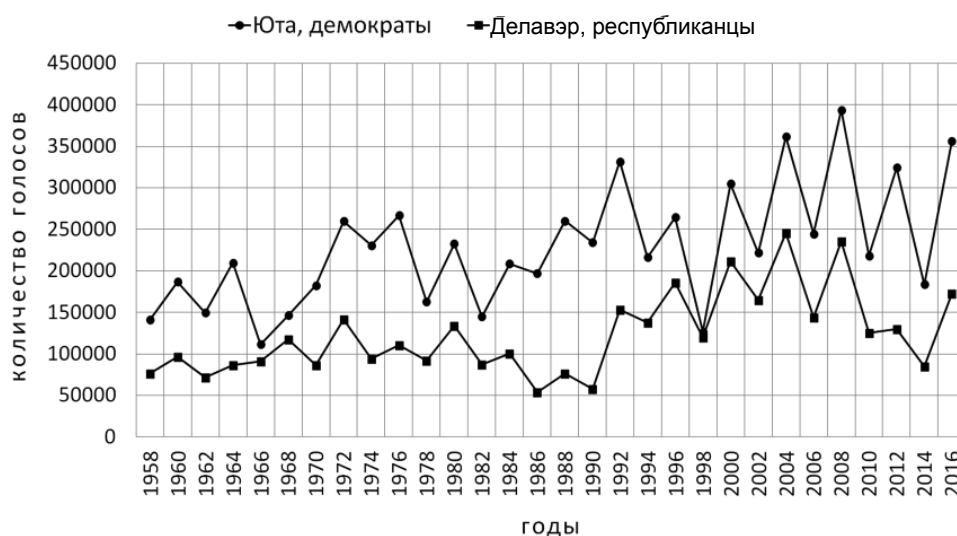


Рис. 1. Динамика электоральных предпочтений на выборах представителей в некоторых штатах США

Каждые четыре года выборы представителей совпадают по времени с выборами президента. Президентские кампании, в которые вовлекаются значительные финансовые, человеческие и медийные ресурсы, оказывают значительное влияние на электоральное поле. На партийные предпочтения избирателей, кроме того, оказывают влияние личностные качества кандидатов на пост президента. Очевидно, что колебания с периодом в четыре года существенно выбиваются из общей динамики электоральных настроений и могут исказить закономерности распределения гармоник в спектрограммах. Поэтому имеет смысл изъять из спектрограммы сведения о гармониках, которые генерируются четырехлетними президентскими выборами. Поскольку в наших рядах единичный временной отрезок равен двум годам, то частота таких гармоник должна быть около 0,5.

Действительно, если посмотреть на спектрограмму электоральных предпочтений шт. Коннектикут на рис. 2А (это довольно типичный пример), то заметно, что ее «хвост», состоящий из гармоник с частотой около 0,5, существенно выбивается из общей закономерности.

Поэтому во всех спектрограммах, прежде чем протестировать их на наличие степенного закона, мы отрезали подобные «хвосты», удаляя точки с частотой от 0,4 до 0,6 включительно (рис. 2В).

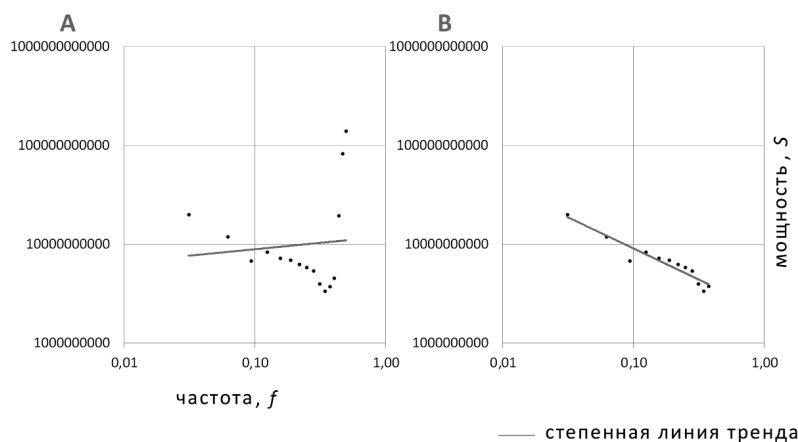


Рис. 2. Спектрограмма электоральной поддержки республиканцев на выборах представителей в шт. Коннектикут (1958–2016 гг.):

А – полная спектрограмма ($\alpha = 0,129$; $R^2 = 0,009$);

В – спектрограмма после удаления гармоник с частотой около 0,5 ($\alpha = 0,63$; $R^2 = 0,911$)

Результаты

В табл. 1 представлены результаты идентификации степенных распределений в спектрограммах электоральной динамики в разных штатах. Серым цветом выделены ячейки, в которых $\alpha > 0,5$ при $R^2 > 0,5$. Обратим внимание, что предполагать наличие розового шума можно при выполнении обоих этих условий. На рис. 3 приведены примеры спектрограмм (с отсеченными хвостами).

Обсуждение и выводы

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в течение длительного времени электорат в нескольких штатах, очевидно, находится в состоянии СОК. Причем в некоторых штатах это утверждение верно и для избирателей-республиканцев, и для избирателей-демократов, тогда как в отдельных штатах электоральное поведение лишь части избирателей является розовым шумом.

Таблица 1

**Показатели степенного закона и индексы достоверности степенного тренда
в спектрограммах динамики электоральных предпочтений на выборах
представителей в США (1958–2016 гг.)**

	Республиканцы		Демократы	
	α	R^2	α	R^2
Alabama	0,4180	0,2144	0,9160	0,7445
Alaska	0,6730	0,5447	0,1460	0,0882
Arizona	0,3440	0,1511	0,7490	0,7280
Arkansas	0,4320	0,3515	0,6370	0,7592
California	0,0830	0,0625	0,0086	0,0002
Colorado	0,5090	0,3633	0,8720	0,8792
Connecticut	0,6300	0,9117	1,0850	0,7822
Delaware	1,4830	0,7174	1,1910	0,5981
Florida	0,3700	0,2671	0,5730	0,7336
Georgia	1,0630	0,5471	0,3530	0,2413
Hawaii	0,7200	0,3946	0,4130	0,2823
Idaho	0,2610	0,3972	0,6270	0,3705
Illinois	0,2610	0,2496	0,2130	0,1584
Indiana	0,1740	0,1317	0,1457	0,0334
Iowa	-0,2110	0,1669	0,6960	0,4080
Kansas	-0,2205	0,0865	0,2650	0,2836
Kentucky	0,8250	0,5109	-0,3275	0,2954
Louisiana	1,0330	0,6032	0,5840	0,6407
Maine	1,2540	0,7652	1,1680	0,7818
Maryland	0,9700	0,7161	0,8550	0,4555
Massachusetts	0,2280	0,0509	0,0060	0,0001
Michigan	0,2810	0,3441	0,0650	0,0120
Minnesota	0,2780	0,1490	-0,7845	0,6920
Mississippi	0,1700	0,0640	0,3840	0,3340
Missouri	-0,0457	0,0419	0,2890	0,1685
Montana	0,0550	0,0286	-0,9129	0,8523
Nebraska	0,5860	0,5786	0,2600	0,0876
Nevada	0,6210	0,4492	0,8750	0,7156
New Hampshire	0,1800	0,1205	0,7070	0,4633
New Jersey	-0,4680	0,6281	0,4830	0,3634
New Mexico	-0,4320	0,7012	0,9760	0,7797
New York	-0,1608	0,0924	0,3270	0,1823
North Carolina	0,6730	0,6214	0,6880	0,3680
North Dakota	1,2350	0,8540	1,5180	0,7475
Ohio	0,0120	0,0003	-0,0994	0,0246
Oklahoma	0,7610	0,7282	0,0620	0,0180

Окончание табл. 1

	Республиканцы		Демократы	
	α	R^2	α	R^2
Oregon	-0,2456	0,1643	0,5120	0,2806
Pennsylvania	0,4480	0,3183	0,8230	0,7833
Rhode Island	1,4540	0,8486	1,1410	0,8410
South Carolina	0,2100	0,3128	0,5560	0,2788
South Dakota	1,3150	0,6130	1,0370	0,4132
Tennessee	0,2750	0,6679	0,3510	0,2809
Texas	0,0260	0,0032	0,2570	0,2831
Utah	0,3660	0,2067	-0,1878	0,0187
Vermont	0,9930	0,8485	1,2870	0,9122
Virginia	0,0452	0,0092	0,5260	0,5372
Washington	0,8310	0,6685	0,1240	0,0356
West Virginia	1,1180	0,8438	0,9260	0,5248
Wisconsin	0,4770	0,5685	0,6170	0,3879
Wyoming	0,7800	0,6059	0,8750	0,3495

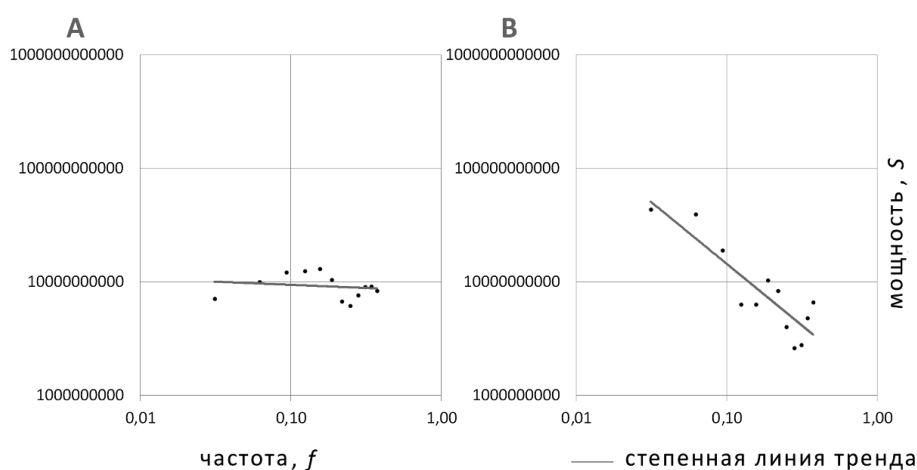


Рис. 3. Спектрограммы динамики электоральных предпочтений на выборах представителей:

А – шт. Монтана, республиканцы ($\alpha = 0,055$; $R^2 = 0,0286$)

В – шт. Коннектикут, демократы ($\alpha = 1,085$; $R^2 = 0,7822$)

Необходимо отметить, что группы «полностью розовых» и «частично розовых» штатов не совпадают значимым образом с группой «фиолетовых» штатов.

К «фиолетовым» в США причисляют штаты, которые, как правило, являются колеблющимися (swing state), «конкурентными». Несмотря на некоторую условность и подвижность подобного разделения, это относительно устойчивая группа штатов: Айова, Аризона, Вирджиния, Висконсин, Колорадо, Мэн, Миннесота, Мичиган, Невада, Нью-Гемпшир, Огайо, Пенсильвания, Северная Каролина, Флорида. В таких штатах силы республиканцев (неофициальный цвет – красный) приблизительно равны силам демократов (синий цвет).

«Фиолетовые» штаты могут демонстрировать розовый шум, но, в некотором смысле, не обязаны делать это. Критичность как высокая лавиноопасность, как готовность общества к неожиданной смене политических предпочтений не обязательно связана с равенством политических сил. Высокий внутренний трансформационный потенциал может быть обусловлен иными – глубокими и системными – факторами, такими как способы хозяйствования и экономическое состояние региона, состояние элитных групп и их взаимоотношения с населением, эффективность политической системы, внутрисоциальные конфликты и пр.

Если электоральные перевороты в «фиолетовых» штатах вполне ожидаемы, то в «розовых» штатах они должны быть довольно неожиданными, поскольку являются, по существу, лавинами в смысле теории СОК.

Безусловно, «не-розовый» штат также может проголосовать вразрез со своей обычной линией поведения. Это может произойти под влиянием внешних или экстраординарных сильных воздействий. Обычно политическая система – вне зависимости от политической окраски основных игроков – стремится не допустить таких обстоятельств. Однако лавина в «розовом» штате может возникнуть под влиянием совершенно обыденных обстоятельств и процессов, которые длительное время не вызывали никаких трансформаций и могут поэтому казаться наблюдателям несущественными. Теория СОК описывает механизмы возникновения кризисов под влиянием множества процессов на микроуровне.

Таким образом, в этом исследовании удалось показать, что гипотеза И. Шимады и Т. Коямы о наличии СОК в электоральных процессах может быть распространена и на США. Такой результат представляется, главным образом, методологическим и требует дальнейшего сопоставления с эмпирическими фактами. Однако уже сейчас понятно, что приложение теории СОК к политическому прогнозированию может дать эвристически ценные результаты. Причем наиболее продуктивными могли бы быть исследования на субрегиональном уровне и на коротких хронологических отрезках, что предполагает более частые замеры электоральных предпочтений. Полагаем также, что репрезентативным индикатором политико-трансформационного потенциала могут выступать не только динамика электоральных настроений, но и некоторые другие виды социополитической активности, в частности забастовки, массовые акции, политически мотивированное насилие, экстремистские преступления и пр. Теория СОК позволяет разглядеть в потоке обыденной жизни предвестников будущих потрясений.

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».

Список литературы

1. Shimada I., Koyama T. Theory for complex system's social change: an application of a general 'criticality' model // *Interdisciplinary Description of Complex Systems*. 2015. Vol. 13. Is. 3. P. 342–353.
2. Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2014. 276 с.
3. 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. Is. 11. P. 5209–5213.
4. Buchanan M. Ubiquity. The Science of History or Why the World is Simpler Than We Think. London: Weidenfeld & Nicolson, 2000. 288 p.
5. Turcotte D.L. Self-organized criticality // *Reports on Progress in Physics*. 1999. Vol. 62. Is. 10. P. 1377–1377.
6. 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. Is. 1. P. 2463–2465.
7. 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. Is. 2. P. 427–445.

8. 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. Is. 1. P. 25–44.
9. Brunk G.G. Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality // Journal of Theoretical Politics. 2002. Vol. 14. Is. 2. P. 195–230.
10. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В. Историческая динамика. Взгляд с позиций синергетики // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. 2004. № 85. С. 1–16. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2004-85> (дата обращения: 10.12.2019).
11. Малинецкий Г.Г. Чудо самоорганизованной критичности: вступительная статья // Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2013. С. 13–44.
12. Бородкин Л.И. Моделирование исторических процессов: от реконструкции реальности к анализу альтернатив. СПб.: Алетейя, 2016. 304 с.
13. Бородкин Л.И. Вызовы нестабильности: концепции синергетики в изучении исторического развития России // Уральский исторический вестник. 2019. № 2 (63). С. 127–136.
14. Подлазов А.В. Новые математические модели, методы и характеристики в теории самоорганизованной критичности: дис. ... канд. физ.-мат. наук. М: Ордена Ленина Ин-т прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2001. 120 с.
15. 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. Is. 4. P. 1-10. DOI: 10.1177/2158244016683216. URL: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2158244016683216> (дата обращения: 10.12.2019).
16. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. Social Movements Viewed in the Context of Self-Organized Criticality Theory // Acesso Livre. 2017. Is. 8. P. 75–91. URL: https://revistaacessolivre.files.wordpress.com/2017/12/acesso-livre-n-8_jul-dez_2017_a.pdf (дата обращения: 10.12.2019).
17. 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. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.032307> (дата обращения: 10.12.2019).

References

1. Shimada I., Koyama T. (2015) Theory for complex system's social change: an application of a general «criticality» model. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*. Vol. 13. Is. 3. P. 342–353.
2. Bak P. (2014) *Kak rabotaet priroda: teoriya samoorganizovannoy kritichnosti* [How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality] URSS [URSS]. Moscow. 276 p.
3. Sneppen K., Bak P., Flyvbjerg H., Jensen M.H. (1995) Evolution as a self-organized critical phenomenon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 92. Is. 11. P. 5209–5213.
4. Buchanan M. (2000) *Ubiquity. The Science of History or Why the World is Simpler Than We Think*. London: Weidenfeld & Nicolson. 288 p.
5. Turcotte D.L. (1999) Self-organized criticality. *Reports on Progress in Physics*. Vol. 62. Is. 10. P. 1377–1377.
6. Turcotte D.L., Rundle J.B. (2002) Self-organized complexity in the physical, biological, and social sciences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 99. Is. 1. P. 2463–2465.
7. Brunk G.G. (2001) Self-Organized Criticality: A New Theory of Political Behaviour and Some of Its Implications *British Journal of Political Science*. Vol. 31. Is. 2. P. 427–445.
8. Brunk G.G. (2002) Why Are So Many Important Events Unpredictable? Self-Organized Criticality as the «Engine of History». *Japanese Journal of Political Science*. Vol. 3. Is. 1. P. 25–44.
9. Brunk G.G. (2002) Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality. *Journal of Theoretical Politics*. Vol. 14. Is. 2. P. 195–230.
10. Kurdyumov S.P., Malinetskiy G.G., Podlazov A.V. (2004) *Istoricheskaya dinamika. Vzglyad s pozitsiy sinergetiki* [Historical dynamics. A view from the standpoint of synergetics] *Preprinty IPM im. M.V. Keldysha RAN* [Preprints of the Institution of Applied Mathematics named after M.V. Keldysh RAS]. Issue 85. P. 1–16. Available at: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2004-85> (date accessed 10.12.2019).

11. Malinetsky G.G. (2013) *Chudo samoorganizovannoy kritichnosti: vstupitel'naya stat'ya. Bak P. Kak rabotaet priroda: teoriya samoorganizovannoy kritichnosti* [Miracle of self-organized criticality. How does nature work: the theory of self-organized criticality] URSS. Moscow. P. 13–56.
12. Borodkin L.I. (2016) *Modelirovanie istoricheskikh protsessov: ot rekonstruktsii real'nosti k analizu al'ternativ* [Modeling of historical processes: from the reconstruction of reality to the analysis of alternatives] *Aleteyya* [Aleteyia]. St. Petersburg. P. 304.
13. Borodkin L.I. (2019) *Vyzovy nestabil'nosti: kontseptsii sinergetiki v izuchenii istoricheskogo razvitiya Rossii* [Challenges of instability: the concepts of synergetics in the study of the historical development of Russia] *Ural'skiy istoricheskiy vestnik* [Ural Historical Bulletin]. Issue 2. P. 127–136.
14. Podlazov A.V. (2001) *Novye matematicheskie modeli, metody i kharakteristiki v teorii samoorganizovannoy kritichnosti: dis. kand. fiz-mat. nauk* [New mathematical models, methods and characteristics in the theory of self-organized criticality. Ph.D. theses] *Ordена Lenina In-t prikladnoy matematiki im. M.V. Keldysha RAN* [M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics]. Moscow. P. 120.
15. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. (2016) Application of the theory of self-organized criticality to the investigation of historical processes. *Sage Open*. Vol. 6. Is. 4. P. 1–10. DOI: 10.1177/2158244016683216. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2158244016683216> (date accessed: 10.12.2019).
16. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. (2017) Social Movements Viewed in the Context of Self-Organized Criticality Theory. *Acesso Livre*. Is. 8. P. 75–91. Available at: https://revistaacessolivre.files.wordpress.com/2017/12/acesso-livre-n-8_jul-dez_2017_a.pdf (date accessed: 10.12.2019).
17. Tadić B., Dankulov M.M., Melnik R. (2017) Mechanisms of Self-Organized Criticality in Social Processes of Knowledge Creation. *Physical Review E*. Vol. 96. Issue 3. P. 032307. Available at: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.032307> (date accessed: 10.12.2019).