

А.Ю. Петухов, кандидат политических наук,
руководитель НИЦ «Моделирование социальных и политических процессов»,
доцент кафедры «История и теория международных отношений»
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород (Россия)

Ключевые слова: цепные разветвленные реакции; социально-энергетический подход; сложные социальные системы; пороговые эффекты.

Аннотация: Данная работа посвящена проблеме изучения пороговых эффектов в сложных социальных и политических системах. В качестве примера одного из таких эффектов используются цепные разветвленные реакции, специфика и описание которых хорошо изучены в химии и физике.

Под пороговыми эффектами в работе подразумеваются такие моменты существования социальных и политических систем, когда система претерпевает максимальные изменения в относительно короткий промежуток времени. К ним можно отнести: кризисы, революции, перевороты и т. д. Проводится аналогия подобных явлений с цепными разветвленными реакциями. Процесс генерации активных центров в химической реакции действительно похож на процесс генерации центров активности при массовых беспорядках, революции и т. д.

В качестве подходов к изучению выбраны методы математического моделирования, основанные на моделях, апробированных в естественных науках. В частности, используются так называемые стохастические уравнения, способные отражать через случайную функцию флуктуации социальных и политических процессов. Также используется математический аппарат описания цепных разветвленных реакций в химии. Кроме того, применяется авторский социально-энергетический подход к социальным и политическим системам, с его помощью задается параметризация и граничные условия данных систем. Предлагаемый нами социально-энергетический подход к описанию социальных систем и процессов представляет собой масштабируемый логико-математический аппарат, сочетающий несколько различных методов. В основе своей он имеет оценку состояния социальной системы или ее частей с помощью специально введенного параметра – «социальной энергии», или $E_{\text{соц}}$. Данный параметр позволяет представлять внутрисистемные и внесистемные процессы как изменение или перераспределение энергии внутри системы и между системами. Используются также и основные принципы системного подхода.

В итоге работы выводится основное уравнение социального давления для описания внутриобщественных взаимодействий между индивидами и подсистемами индивидов.

ВВЕДЕНИЕ

Что такое цепная реакция, хорошо знают физики, химики и представители некоторых других естественнонаучных дисциплин. Вместе с тем достаточно давно это понятие используется и применительно к политическим и социальным системам. О цепных реакциях можно услышать как от журналистов, так и от социологов, экономистов, политиков и многих других. Однако найти непосредственное научное обоснование этого эффекта в обществе и условий его генерации достаточно сложно в открытой научной литературе. Скорее всего, это связано со сложностью определения параметров социальной среды, их присвоения в принципе, ведь аналогии из естественных дисциплин оперируют, как правило, точными цифрами. По сути, смысл самого этого эффекта в детерминированности параметров и точности их определения. Без этого говорить о возможности прогнозирования таких процессов, изучения условий их возникновения невозможно. Вместе с тем социальные процессы не могут быть точно определены. Параметры, которые присваиваются социальной системе, как правило, достаточно искусственные и уже по своему определению не могут быть точными. Так как же с их помощью определить эффект, для которого малейшие колебания его основных характеристик могут привести к качественному изменению состояния системы? Для того чтобы разрубить этот Гордиев узел, необходимо сменить подход к социальной системе и отказаться от попыток присваивания ей собственных параметров частного характера, пытаясь со стороны определить внутрисистемные механизмы. И, напротив, об-

ратиться к параметрам косвенным или распределенным по индивидам. Т. е. мы исследуем не состояние самой системы напрямую, а прежде всего влияющие на него условия. Разумеется, это имеет смысл, лишь когда нам легче определить данные условия, нежели состояние системы. Здесь же следует и оговориться, что, вообще говоря, с социальной системой значительно сложнее, чем, например, с куском урана, ведь нейтроны, в отличие от людей, не имеют свободы воли и способности принимать собственные решения. Однако и это возможно учесть математически с помощью стохастических уравнений [1–3], которые способны учесть флуктуации для социальной системы с известными допущениями.

Предлагаемый нами социально-энергетический подход к описанию социальных систем и процессов представляет собой масштабируемый логико-математический аппарат, сочетающий несколько различных методов. В основе своей он имеет оценку состояния социальной системы или ее частей с помощью специально введенного параметра – «социальной энергии», или $E_{\text{соц}}$ (далее просто E) [2; 3]. Социальная энергия есть величина, характеризующая потенциальную возможность социальной системы совершить работу. Эта величина имеет общее с энергией в ее физическом понимании, но дает нам определенные вольности в трактовке еще «неиспользуемой энергии», т. е. несовершенной работы, в оценке возможной энергии людского труда, еще не добытых ресурсов и т. д. Данный момент для построения модели очень важен, так как для оценки социальной системы необходимо учитывать все факторы, кото-

рые способны на нее повлиять. Например, людской труд часто является в системе определяющим параметром и в то же время очень тяжело классифицируется с точки зрения стандартных физических понятий.

Данный параметр позволяет представлять внутри-системные и внесистемные процессы как изменение или перераспределение энергии внутри системы и между системами. Используются также и основные принципы системного подхода [4].

Внутренние процессы в социальной системе считаются винеровскими процессами, что позволяет учесть так называемый человеческий фактор, т. е. внутренние системные флуктуации, неточности определения параметров и т. д. Винеровский процесс – в теории случайных процессов – это математическая модель броуновского движения (его описывает уравнение Ланжевена) или случайного блуждания с непрерывным временем [1].

Подробнее о социально-энергетическом подходе, его математическом аппарате, нюансах и т. д. – [2; 3; 5; 6].

ЦЕПНЫЕ РАЗВЕТВЛЕННЫЕ РЕАКЦИИ

Как уже отмечалось в физике и химии, что такое цепные реакции, как их предсказывать и, более того, как ими управлять, знают весьма неплохо. Создано несколько моделей и теории для ряда явлений. Существенный интерес для нашего исследования представляется так называемые цепные разветвленные реакции.

В химии цепная реакция, в которой, кроме реакций инициирования, продолжения и обрыва цепей, протекают реакции разветвления цепей. В реакции разветвления один активный центр генерирует появление двух или более активных центров (атомов, радикалов). Примеры цепных разветвленных реакций: горение водорода, окисление окиси углерода, горение паров фосфора, распад NCl_3 [7].

Цепные разветвленные реакции обладают рядом существенных отличий от цепных неразветвленных. Механизм этих реакций был открыт Н.Н. Семеновым и С. Хиншельвудом (а также их командой) в 1925–1928 гг. Изучая условия воспламенения паров фосфора, Н.Н. Семенов, Ю.Б. Харитон и З.Ф. Вальта установили, что переход от отсутствия реакции к вспышке паров происходит при строго определенном давлении кислорода, которое зависит от диаметра сосуда. В 1928 г. Семенов предложил цепной разветвленный механизм процесса с участием атомов кислорода [8].

Цепная радикальная реакция реализуется, если превращение реагентов происходит через активные промежуточные частицы – атомы и радикалы, а реакции с их участием образуют замкнутый цикл превращений, и продолжение цепи осуществляется быстрее, чем обрыв. Цепная реакция является разветвленной, если в ней протекает такая стадия, в которой один радикал или атом генерирует образование нескольких атомов и радикалов. В результате при благоприятных условиях в ходе реакции нарастает концентрация активных центров и, соответственно, увеличивается скорость реакции. Это часто приводит к воспламенению или взрыву. Если разветвление происходит в результате взаимодействия атома (радикала) с молекулой, то в силу сохранения нечетного числа электронов в радикальных реакциях в системе из одной возникает 3 частицы с неспаренным электроном (в общем случае $2n+1$).

Акты разветвления обеспечивают возможность прогрессивного увеличения концентрации активных центров во времени. При обрыве и разветвлении цепей по реакции 1-го порядка с удельными скоростями g и f , соответственно, скорость изменения концентрации активных центров n описывается уравнением [7]:

$$dn/dt = v_i - (g-f)n.$$

Возможны два принципиально различных режима протекания реакции. Квасистационарный, когда $g > f$, т. е. обрыв преобладает над разветвлением; тогда $n = v_i / (g-f) = \text{const}$, начиная с $t > (g-f)^{-1}$, и нестационарный, когда $f > g$, т. е. преобладает разветвление. В этом случае концентрация активных центров непрерывно нарастает во времени, и если не принимать во внимание расходования реагентов и изменения во времени v_i , g и f , то

$$n = v_i (f-g)^{-1} (e^{(f-g)t} - 1).$$

Критическим условием перехода системы из одного состояния в другое является равенство $f = g$. Таким образом, цепная реакция с разветвлением протекает как самоускоряющийся процесс только тогда, когда активные центры быстрее вступают в акты разветвления, чем в акты обрыва [7].

Здесь становится понятно, почему именно цепные разветвленные реакции выбраны в качестве аналога протекания предельных явлений в социальных и политических процессах. Действительно, процесс генерации активных центров в химической реакции удивительно похож на процесс генерации центров активности при массовых беспорядках, революции, даже просто при информационной войне затяжного типа. Но и немало отличий. Прежде всего они касаются параметров модели. Индивиды и группы индивидов должны быть описаны шире, чем свободные радикалы и молекулы. Их возможности шире, варианты воздействия и взаимодействия.

Итак, составим небольшую модель распространения информационного «вируса-идеи» в социально-физическом пространстве. Предположим, что данный информационный вирус активен, эффективен и способен достаточно быстро поражать когнитивные установки индивида для последующего инфицирования следующего.

Тогда:

N – количество носителей «вируса»;

G – скорость обрыва информационных цепей;

F – скорость разветвления информационных потоков в среде;

V_t – скорость инфицирования индивидов.

Внешний вид уравнения не изменится:

$$\frac{dN}{dt} = V_t - (G - F)N. \quad (1)$$

Однако его параметры поменяются существенным образом.

$$G = f(K_c, K_n, I_n, S_n, X_{внеш}).$$

$$F = f(K_c^N, K_n^N, I_n, S_n, X_{внеш}),$$

где K_c, K_n – коэффициенты социальной активности и научного потенциала соответственно для неинфицированных индивидов или групп индивидов; K_c^N, K_n^N – коэффициенты социальной активности и научного потенциала соответственно для инфицированных индивидов или групп индивидов (т.е. активных центров); I_n – информационная проницаемость данной социальной системы; $S_{n,t}$ – социальная проницаемость данной социальной системы; $X_{внеш}$ – функция, определяющая информационный вирус и сопутствующее внешнее воздействие на социальную систему (его может практически и не быть).

Также важно заметить, что, в отличие от химии, информационный вирус теоретически может быть передан одним центром неограниченному количеству других индивидов. На практике, конечно, такого не бывает, так как количество знакомых у большинства индивидов весьма ограничено, поэтому здесь можно использовать среднестатистические параметры.

Понятно, что это упрощенная модель. Сводить работу средств информационной войны к «заражению» или «не заражению» определенным «вирусом» было бы слишком легко. Однако известно, что базовые человеческие эмоции распространяются по схожей схеме. Например, эпидемиологическое распространение паники в толпе [9; 10].

Для дальнейшей работы с данным уравнением (1) следует определить несколько его параметров. Прежде всего в определении нуждается механизм возникновения порогового эффекта и его отличия от его химического налога. Инициация цепной разветвленной реакции возникает, например, как в примере выше из-за предельного давления $p_1 < p < p_2$. Существует и аналог такого давления в общественной среде:

$P_{соц}$ – социальное давление, возникающее из-за разности коэффициентов и социальной энергии между индивидами или подсистемами индивидов в границах их коммуникационных полей.

Силу давления легко можно определить через энергию:

$$P_{соц} = \frac{2}{3} n < E_{взаим} >,$$

где n – количество индивидов;

$E_{взаим} = \Psi E_{полн}$ – энергия взаимодействия, т.е. та энергию, которую индивид или подсистема индивидов могут направить на взаимодействие с другими индивидами или подсистемами индивидов. Очевидно, что она не может быть больше полной социальной энергии индивида.

$$\Psi^i = K_n^i K_c^i,$$

где Ψ – коэффициент передачи энергии.

Таким образом, для каждого индивида i верно:

$$E_{взаим}^i = \Psi^i E_{полн}^i.$$

Так как диссипации энергии в социально-физическом пространстве нет, можно считать данную систему гамильтоновой:

$$E_{взаим}^i = \Psi^i H^i,$$

где H^i – гамильтониан индивида или подсистемы индивидов. Тогда можно записать первое каноническое гамильтоново уравнение:

$$\frac{d}{dt} P_{соц}^{ij} = \Psi^i E_{полн}^i - \Psi^j E_{полн}^j = \Delta(\Psi^{ij} E_{полн}^{ij}).$$

Отсюда

$$\frac{d}{dt} P_{соц}^{ij} = \Delta E_{взаим}^{ij}.$$

Что приводит нас к уравнению

$$\frac{d}{dt} P_{соц}^{ij} = \Delta(\Psi^{ij} H^{ij}).$$

Данное уравнение является основным уравнением социального давления для описания внутриобщественных взаимодействий между индивидами и подсистемами индивидов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной статье предложены основы математической модели, с помощью которых в дальнейшем автор планирует развивать подход и моделировать и изучать пороговые эффекты. Использование апробированных подходов из естественнонаучных дисциплин в гуманитарных приложениях представляется перспективным. Действительно, общность законов природы не может не распространяться на ее неотъемлемую часть – человека, хоть часто мы об этом и забываем.

Моделирование ряда социальных и политических процессов через механизм генерации и протекания цепных разветвленных реакций может оказаться эффективным способом для прогнозирования таких процессов.

Работа выполнена при поддержке совета по грантам президента РФ (проект МК-259.2013.6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Математические модели социальных систем : учебное пособие / А.К. Гуц [и др.]. Омск : Омский гос. ун-т, 2000. 255 с.
2. Петухов А.Ю. Моделирование манипуляций сознанием масс в политическом процессе с помощью коммуникационного поля // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. Вып. 6. С. 326–331.
3. Петухов А.Ю. Манипулятивная компонента современного политического процесса: возможности прогнозирования на основе «социально-энергетического» подхода : дис. ... канд. полит. наук. Нижний Новгород, 2011. 199 с.
4. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. СПб. : Изд-во СПбГТУ, 1997. 510 с.
5. Петухов А.Ю. Моделирование социальных и политических процессов в условиях информационных

- войн. Социально-энергетический подход // *Fractal Simulation*. 2012. Т. 1. С. 16–32.
6. Петухов А.Ю., Чупракова Н.С. Моделирование социально-политического развития России в 20–21 веке. Социально-энергетический подход. // *Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского* 2012. Вып. 6. С. 289–293.
 7. Денисов Е.Т., Саркисов О.М., Лихтенштейн Г.И. *Химическая кинетика*. М. : Химия, 2000. 566 с.
 8. Семенов Н.Н. *Цепные реакции*. М. : Наука, 1986. 535 с.
 9. *Психологические основы терроризма и антитеррористической деятельности в современных условиях : учебно-методическое пособие* / Н.Я. Лепешкин [и др.]. Хабаровск : Хабаровский пограничный институт Федеральной службы безопасности Российской Федерации, 2008. 348 с.
 10. Ньюстром Дж. В., Дэвис К. *Организационное поведение*. СПб. : Питер-Юг, 2000. 448 с.

CHAIN REACTION IN COMPLEX POLITICAL AND SOCIAL SYSTEMS

© 2014

A.Y. Petukhov, candidate of political sciences,
 Head of the Research Center «Modeling of social and political processes»,
 Associate Professor of the Department of History and Theory of International Relations
Nizhny Novgorod State University NI Lobachevski, Nizhny Novgorod (Russia)

Keywords: branched chain reaction; socio-energy approach; complex social systems; threshold effects.

Annotation: This article is devoted to the problem of research of threshold effects in complex social and political systems. As an example of one of these effects we used the branched chain reactions the characteristics and descriptions of which are well studied in chemistry and physics.

In this article, the threshold effects mean such moments of social and political systems existing, when the system suffers critical changes within a relatively short period of time. These effects are: crises, revolutions, coups, etc. An analogy of similar phenomena with branched chain reactions is made. The process of activity centers generation in a chemical reaction is really similar to the process of activity centers generation during mass disturbances, revolutions, etc.

The methods of mathematical modeling based on the models tested in natural sciences are chosen to be the approach to the research. Particularly, so-called stochastic equations capable of expressing through the random function of fluctuations of social and political processes are used. The author also used mathematical tools of description of branched chain reactions in chemistry. Furthermore, the author applied his own socio-energy approach to the social and political systems. With its help the parameterization and boundary conditions of these systems are defined. Our socio-energy approach proposed for the description of social systems and processes is a scalable, logic-mathematical instrument, which combines several different methods. It is based on the state estimate of the system or its parts, with the help of specially set parameter – «social energy» or E_{soc} . This parameter allows to represent endogenous and exogenous processes as the change or redistribution of energy within the system and between systems. The basic principles of the systems approach are used as well.

As a result, the basic equation of social pressure is derived for description of social interactions between individuals and subsystems of individuals.