DOI: 10.15593/2224-9354/2019.1.21
УДК 316.35-027.564

А.А. Лунегова, А.В. Болотин

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РОСТА ЧИСЛЕННОСТИ НЕКОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ В РОССИИ

В аспекте использования математического аппарата теории динамических систем проведен анализ временной эволюции численности некоммерческих организаций (НКО) в Российской Федерации. Предложен алгоритм построения и исследования базовой математической модели изменения численности НКО, который открывает путь к управлению динамическим поведением численности НКО, для наилучшего достижения желаемого результата, сводя решение поставленной проблемы к применению хорошо разработанного математического аппарата задачи однономенклатурной системы управления запасами. Показано, что изменение численности НКО, в частности наблюдаемые формы колебательного поведения, могут служить в качестве «индикаторной реакции» потери устойчивости социально-экономической системы, т.е. критерием ее близости к опасным (бифуркационным) границам. Обсуждается роль НКО в повышении качества жизни населения. С целью наглядной иллюстрации полученных теоретических результатов выбраны лишь некоторые аспекты качества жизни населения, а именно: количество заключенных браков, количество разводов, количество преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков. Установлена качественная взаимосвязь временной эволюции данных показателей с динамикой изменения численности НКО. Графическая иллюстрация качественной взаимосвязи, построенной нами по данным Росстата, с ясностью свидетельствует о том, что с ростом численности НКО позитивные аспекты качества жизни увеличиваются, а негативные – уменьшаются и наоборот.

Ключевые слова: *некоммерческие организации (НКО), социальный потенциал, социальная среда, скорость изменения НКО, качество жизни населения, численность, системный анализ, периодические процессы.*

Введение. Роль некоммерческих организаций в развитии социально-экономических систем очевидна. Некоммерческие организации являются не только основным элементом третьего сектора экономики, но и своеобразным катализатором в развитии региональной экономики. Недаром за последние 5 лет деятельность некоммерческих организаций находится под пристальным вниманием на федеральном уровне. О вовлечении граждан в социально-экономические процессы докладывал Владимир Владимирович Путин в своем обращении Федеральному собранию Российской Федерации в 2016 году: «Некоммерческие организации создают колоссальный социальный потенци-

Лунегова Анастасия Антоновна – канд. экон. наук, доцент кафедры технических дисциплин ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Лысьвенский филиал, Автономная некоммерческая организация «Культурно-правовой центр «ВИВАТ», e-mail: laaru@rambler.ru.

Болотин Александр Викторович – канд. хим. наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет», Политехнический институт, e-mail: alexandr_bolotin@mail.ru.

ал…». Это означает, что активная позиция членов некоммерческих организаций в социальной сфере приведет к повышению качества жизни. Более того, начиная с 2018 года социально ориентированные некоммерческие организации для выполнения социально значимых услуг будут финансироваться из Федерального бюджета [1].

На 1 января 2017 года в Российской Федерации зарегистрировано 223 861 некоммерческая организация, в Пермском крае – 2040 [2].

Рассматривая бюджетные вливания финансовых средств в НКО как исчерпаемый ресурс, можно прийти к выводу о необходимости их рационального использования. В целях бюджетного финансирования перед Правительством РФ стоит непростая задача по выявлению наиболее активных НКО по части оказания социальных услуг. Очевидно, наиболее эффективными будут являться НКО, у которых материальные затраты минимальны. При этом возникает естественный вопрос: сколько же эффективных НКО осуществляет свою деятельность в Российской Федерации в сфере социальных услуг? К сожалению, данные по этому вопросу разрозненные и весьма расплывчатые. В связи с этим целесообразно проанализировать и систематизировать информацию по динамике изменения численности всех зарегистрированных НКО во времени, а на следующем этапе, в целях рационального использования бюджетных средств, выявить наиболее эффективные из них.

В данной статье нами предпринята попытка теоретического анализа динамики роста численности НКО с использованием математического аппарата синергетики [3–11].

Теоретический анализ. При построении базовой математической модели динамики роста НКО в РФ будем использовать следующие допущения, которые обычно применяются при теоретическом описании динамического поведения сложных самоорганизующихся физико-химических и биологических систем, равно как и протекающих в них процессов:

1. НКО рассматриваются в виде единой системы и количественно оцениваются с помощью общей численности Θ, а также немногих управляющих параметров [12, 13].

2. Скорость изменения Θ удовлетворяет автономному дифференциальному уравнению первого порядка [3–5, 8–11, 14]:

$$\frac{d\Theta}{dt} = f\left(\{\Theta\}\right), \tag{1}$$

где $f\left(\{\Theta\}\right)$ – некоторая бесконечно дифференцируемая функция.

3. Функцию $f\left(\{\Theta\}\right)$ можно разложить в ряд Тейлора [15] в окрестности точки $\Theta^{(st)}$ (в окрестности стационарного состояния, которое достигается при временной эволюции любой сложной системы):

$$\frac{d\Theta}{dt} = \frac{f'\left(\Theta^{(st)}\right)}{1!}\left(\Theta - \Theta^{(st)}\right) + \frac{f''\left(\Theta^{(st)}\right)}{2!}\left(\Theta - \Theta^{(st)}\right)^2 + \frac{f'''\left(\Theta^{(st)}\right)}{3!}\left(\Theta - \Theta^{(st)}\right)^3 + \ldots \quad (2)$$

(Здесь мы учли, что при $\Theta = \Theta^{(st)}$ $\frac{d\Theta}{dt} = 0$ и, следовательно, $f\left(\left\{\Theta^{(st)}\right\}\right) = 0$).

4. В первом приближении можно ограничиться только лишь линейными членами разложения (2) и переписать это уравнение так:

$$\frac{d\Theta}{dt} = \alpha_1 \cdot \left(\Theta^{(st)} - \Theta\right), \quad (3)$$

здесь $\alpha_1 = -f'\left(\Theta^{(st)}\right)$.

Интегрирование этого уравнения приводит к временной зависимости для Θ, соответствующей инерционному звену [16–18]:

$$\Theta(t) = \Theta^{(st)}\left\{1 - \exp(-\alpha_1 t)\right\}, \quad (4)$$

где $\Theta^{(st)}$ – стационарное значение численности при $t \to \infty$ [14].

Отметим, что дифференциальные уравнения вида (3) описывают динамические свойства систем, в которых протекают линейные необратимые процессы [4]. В нелинейной же области надлежит использовать разложение (2) в полном виде, что значительно усложняет дифференциальное уравнение. Если использовать квадратичные члены разложения (2), то можно записать

$$\frac{d\Theta}{dt} = \alpha_1 \cdot \left(\Theta^{(st)} - \Theta\right) + \alpha_2 \cdot \left(\Theta^{(st)} - \Theta\right)^2, \quad (5)$$

где $\alpha_2 = +f''\left(\Theta^{(st)}\right)\Big/2$.

Данное уравнение можно переписать в виде

$$\frac{d\Theta}{dt} = a\Theta^2 + b\Theta + c, \quad (6)$$

в котором $a = \alpha_2$; $b = -\left(\alpha_1 + 2\alpha_2\Theta^{(st)}\right)$; $c = \alpha_1\Theta^{(st)} + \alpha_2\Theta^2_{(st)}$. Уравнение (6) представляет собой уравнение Риккати.

В частном случае, когда все коэффициенты (6) постоянные, его можно привести к уравнению с разделяющимися переменными. Однако в этом случае возникает задача экспериментального определения и экономической интерпретации трех констант в дифференциальном уравнении (6), что является весьма затруднительным и снижает наглядность полученных результатов.

Поскольку любая сложная структура существует конечный срок, то скорость накопления НКО следует рассматривать как разность скоростей их образования ω_+ и исчезновения (ликвидации) ω_-:

$$\frac{d\Theta}{d\tau} = \omega_+ - \omega_- = \alpha \cdot P - \beta \cdot \Theta = f\left(\left\{\Theta; P\right\}\right), \tag{7}$$

здесь P – некий ресурс, например, количество активных людей, способных образовать эффективно действующие НКО, благодаря потреблению которого происходит увеличение Θ; α, β – константы интенсивностей образования и исчезновения НКО (константы скоростей процессов). Скорость уменьшения НКО в первом приближении будет пропорциональна их общей численности.

Уменьшение ресурса P во времени может быть описано дифференциальным уравнением

$$-\frac{dP}{d\tau} = \alpha \cdot P. \tag{8}$$

Таким образом, динамика процесса изменения численности НКО однозначно описывается системой двух дифференциальных уравнений:

$$\left.\begin{aligned} -\frac{dP}{d\tau} &= \alpha \cdot P; \\ \frac{d\Theta}{d\tau} &= \alpha \cdot P - \beta \cdot \Theta. \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

Эта система уравнений должна быть проинтегрирована при начальных условиях: $t = 0;\ P = P_0;\ \Theta = 0$.

Интегрирование первого уравнения системы (9) и подстановка во второе приводят к такому выражению:

$$\frac{d\Theta}{d\tau} + \beta \cdot \Theta = \alpha \cdot P_0 \cdot \exp\left(-\alpha\tau\right). \tag{10}$$

Применение к дифференциальному уравнению преобразования Лапласа [17] дает соотношение

$$\left(s+\beta\right) \cdot \Theta\left(s\right) = \frac{\alpha \cdot P_0}{s+\alpha} \quad \Rightarrow \quad \Theta\left(s\right) = \frac{\alpha \cdot P_0}{\left(s+\alpha\right)\left(s+\beta\right)}, \tag{11}$$

где $\Theta\left(s\right) = \int\limits_0^\infty \Theta\left(\tau\right) \cdot e^{-s\tau} d\tau$ – преобразование Лапласа $\Theta\left(\tau\right)$.

Если $\alpha \neq \beta$, обратное преобразование Лапласа [17] приводит к временной зависимости для численности НКО:

$$\Theta\left(\tau\right) = \frac{\alpha \cdot P_0}{\beta - \alpha}\left\{\exp\left(-\alpha\tau\right) - \exp\left(-\beta\tau\right)\right\}. \tag{12}$$

При $\alpha = \beta = \gamma$ обратное преобразование Лапласа приводит к уравнению

$$\Theta(\tau) = P_0 \gamma\tau \exp(-\gamma\tau). \tag{13}$$

Временная зависимость для $\Theta(\tau)$ (12) будет иметь максимум в момент времени $\tau = \tau_{\max}$:

$$\left(\frac{d\Theta}{d\tau}\right)_{\tau=\tau_{\max}} = \frac{\alpha \cdot P_0}{\beta - \alpha}\left\{\beta \exp(-\beta\tau_{\max}) - \alpha \exp(-\alpha\tau_{\max})\right\},$$

и

$$\tau_{\max} = \frac{\ln(\beta/\alpha)}{\beta - \alpha} = \frac{\ln\zeta}{\alpha(\zeta - 1)}. \tag{14}$$

Другими словами, это означает, что максимальная численность НКО (при ограниченном начальном ресурсе) будет зависеть не от абсолютных значений скоростей обоих процессов, а только от соотношений этих скоростей $\zeta = \beta/\alpha$.

Рассмотрим предел $\tau_{\max}$ при $\zeta \to \infty$. Неопределенность вида ∞/∞ можно разрешить по правилу Лопиталя:

$$\lim_{\zeta\to\infty} \tau_{\max} = \lim_{\zeta\to\infty} \frac{\ln\zeta}{\alpha(\zeta - 1)} = \lim_{\zeta\to\infty} \frac{1/\zeta}{\alpha} = 0. \tag{15}$$

Из выражения (15) следует, что максимум численности НКО с возрастанием β/α не только уменьшается, но и смещается к началу координат. Очевидно, что по мере увеличения ζ временная зависимость $\Theta(\tau)$ приближается к оси абсцисс, а производная $\dfrac{d\Theta}{d\tau}$ все больше приближается к нулю.

Важно подчеркнуть, что используемая нами логическая схема получения и анализа базовой математической модели динамики изменения численности НКО (7) открывает возможность построения стратегии управления режимами с целью наилучшего достижения желаемого результата, сводя поставленную задачу к математическому аппарату задачи однономенклатурной системы управления запасами [16, 18].

Покажем, что это действительно так, обратившись вновь к общему виду уравнения (7):

$$\frac{d\Theta}{d\tau} = \omega_+ - \omega_-. \tag{16}$$

Видно, что если $\omega_+ > \omega_-$, $\dfrac{d\Theta}{d\tau} > 0$ («запас»). При $\omega_+ < \omega_-$, $\dfrac{d\Theta}{d\tau} < 0$ («дефицит»).

Взяв производную от обеих частей (16) по времени пишем

$$\frac{d^2\Theta}{d\tau^2}=\frac{d\omega_+}{d\tau}-\frac{d\omega_-}{d\tau}. \tag{17}$$

В отличие от неформальной экономической популяции [19], функционирование которой зачастую граничит с теневой деятельностью, а в отдельных случаях крайне негативно влияет на общее положение дел в обществе, деятельность НКО направлена на повышение качества жизни населения в сфере защиты здоровья, сфере развития способностей людей и повышения профессионального и интеллектуального уровня и социального окружения. Поэтому в первом случае государство должно регулировать упомянутую «бизнес-структуру» и ограничивать ее деятельность, а во втором – оказывать всяческую поддержку.

Финансовая поддержка со стороны государства может быть оказана пропорционально (с обратным знаком) величине $\Theta(\tau)$; при росте $\Theta(\tau)$ поддержка уменьшается, а при уменьшении $\Theta(\tau)$ – увеличивается, что математически можно представить так:

$$\Delta\omega_+=-k_0\cdot\Theta\cdot\Delta\tau \quad\Rightarrow\quad \frac{d\omega_+}{d\tau}=-k_0\Theta,\;\; k_0>0. \tag{18}$$

Вначале проанализируем частный случай, когда

$$\frac{d\omega_+}{d\tau}=-k_0\Theta,\quad k_0>0;\quad \frac{d\omega_-}{d\tau}=0. \tag{19}$$

Подставляя (19) в (17), имеем

$$\frac{d^2\Theta}{d\tau^2}+k_0\Theta=0. \tag{20}$$

Ищем решение (20) в виде

$$\Theta=A\cdot\exp(\lambda\tau), \tag{21}$$

тогда характеристическое уравнение может быть записано так:

$$\lambda^2+k_0=0. \tag{22}$$

Корни характеристического уравнения (22) чисто мнимые [4]:

$$\lambda_{1,2}=\pm i\sqrt{k_0}. \tag{23}$$

Таким образом, в приближении (19) дифференциальное уравнение для скорости накопления НКО (7) сводится к линейной динамической системе, описывающей малые колебания Θ с частотой $\sqrt{k_0}$ [14].

Если Θ уменьшается во времени с постоянной скоростью $\left(\omega_{-}(\tau)=x=\text{const}\right)$, то для производной $\dfrac{d\omega_{-}}{d\tau}$ можно воспользоваться выражением [18]

$$\frac{d\omega_{-}}{d\tau}=-x\delta(\tau), \tag{24}$$

где $\delta(\tau)-$ обобщенная функция Дирака.

Подставляя (18) и (24) в уравнение (17), получим окончательно

$$\frac{d^2\Theta}{d\tau^2}+k_0\Theta=-x\delta(\tau);\ \ \Theta(0)=0;\ \ \Theta'(0)=0 \tag{25}$$

или в операторной форме

$$\left(s^2+k_0\right)\cdot\Theta(s)=-x \quad\Rightarrow\quad \Theta(s)=-\frac{x}{s^2+k_0}=-\frac{x}{s^2+\varpi^2},\ \ \varpi=\sqrt{k_0}. \tag{26}$$

Воспользовавшись таблицей преобразований [17, 18], находим

$$\Theta(\tau)=-\frac{x}{\varpi}\sin\varpi\tau. \tag{27}$$

Таким образом, численность НКО будет испытывать незатухающие колебания во времени.

Результаты и обсуждение. На рис. 1 и 2 изображены экспериментальные кривые, т.е. колебания численности НКО в РФ и Пермском крае, которые были построены нами по данным Росстата. Как видно, форма экспериментальных кривых значительно менее правильная, нежели теоретических, предсказанных математической моделью. Однако в разбираемом нами случае вполне достаточно того, что предложенная модель обеспечивает совпадение основной качественной характеристики теоретических и экспериментальных результатов – колебание во времени численности НКО.

Следует отметить, что в отсутствие строгого подхода к построению математической модели исследуемых объектов и нахождению аналитических решений дифференциальных уравнений при сопоставлении результатов моделирования с экспериментом особую ценность приобретает нахождение основных *качественных* характеристик решений.

Это особенно относится к таким системам, где значения параметров и начальных условий не могут быть точно заданы и от математического описания как раз и требуется выявление существенных качественных характеристик. К числу таких систем, по-видимому, принадлежит изучаемый нами социально-экономический объект.

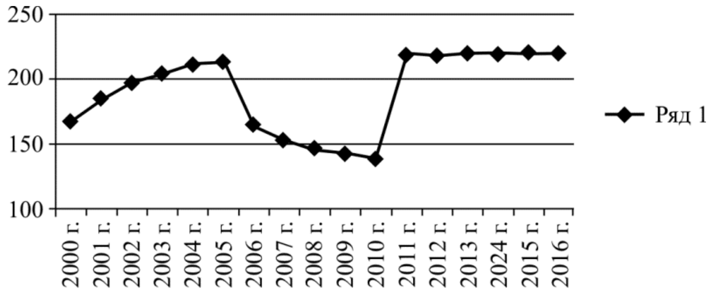

Рис. 1. Динамика изменения численности НКО в РФ
(авторская разработка по данным Роскомстата [20, 21])

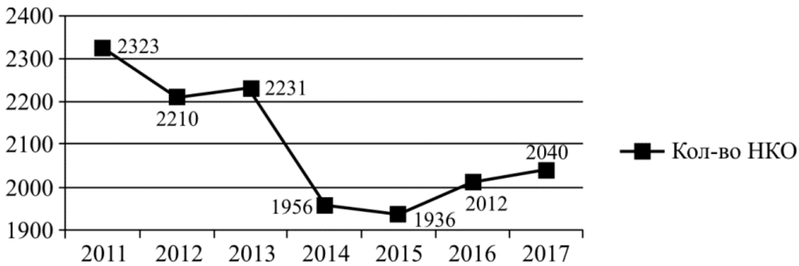

Рис. 2. Динамика изменения численности НКО в Пермском крае
(авторская разработка по данным Роскомстата [20, 21])

Подчеркнем, что при незатухающих колебаниях (см. рис. 1) промежутки, когда $\frac{d\Theta}{d\tau} > 0,$ будут всегда чередоваться с промежутками, когда $\frac{d\Theta}{d\tau} < 0$, что окажет весьма негативное влияние на устойчивость социально-экономического объекта.

Для того чтобы система вернулась вновь к стационарному состоянию, необходимо учитывать не только величину $\Theta(\tau)$, но и скорость ее изменения $\frac{d\Theta}{d\tau}$, что реализуется при таком варианте управления:

$$\Delta\omega_+ = -\left(k_0 \cdot \Theta + k_1 \cdot \frac{d\Theta}{d\tau}\right)\Delta\tau \quad \Rightarrow \quad \frac{d\omega_+}{d\tau} = -\left(k_0 \cdot \Theta + k_1 \cdot \frac{d\Theta}{d\tau}\right),$$

$$k_0 > 0 \;\; k_1 > 0 \;\; k_0 > \frac{k_1^2}{4}.$$

В этом случае $\Theta(\tau)$ будет удовлетворять дифференциальному уравнению

$$\frac{d^2\Theta}{d\tau^2} + k_1 \frac{d\Theta}{d\tau} + k_0\Theta = -x\delta(\tau); \;\; \Theta(0) = 0; \;\; \Theta'(0) = 0. \qquad (28)$$

Вновь решим это уравнение операторным методом [17, 18] относительно $\Theta(s)$:

$$\left(s^2 + k_1 s + k_0\right) \cdot \Theta(s) = -x \quad \Rightarrow \quad \Theta(s) = -\frac{x}{s^2 + k_1 s + k_0} = -\frac{x}{\left(s + \alpha'\right)^2 + \varpi^2}, \quad (29)$$

где $\alpha' = \frac{k_1}{2}; \qquad \varpi = \sqrt{k_0 - \frac{k_1}{4}}.$

Тогда согласно таблице преобразований [17, 18] находим

$$\Theta(\tau) = -\frac{x}{\varpi} e^{-\alpha' \tau} \sin \varpi\tau. \quad (30)$$

Таким образом, динамика изменения численности НКО будет соответствовать затухающим гармоническим колебаниям с амплитудой $e^{-\alpha'\tau}\frac{x}{\varpi}$, величину которой можно интерпретировать как количественный показатель вмешательства государства в процесс регулирования численности НКО.

В соответствии с нашими общими выводами о положительном влиянии НКО на качество жизни населения в различных сферах и результатами математического моделирования логично предположить, что колебание численности НКО неизбежно приведет к колебаниям других количественных характеристик, отражающих социальную активность населения. Поэтому представляется весьма перспективным связать динамику изменения численности Θ с экспериментально измеряемыми параметрами *качества жизни населения*.

Для проверки полученных теоретических результатов были построены диаграммы, отражающие изменение динамики численности НКО в Пермском крае за период с 2011 по 2016 год, равно как и некоторых других количественных характеристик (рис. 3–5). На всех рисунках изменение численности НКО изображается с помощью гистограмм, а изменение других количественных характеристик показано на левой вертикальной оси.

Полученные диаграммы наглядно иллюстрируют правильность предсказанных математической моделью качественных закономерностей динамики изменения численности НКО, а также сопряжение этого показателя с другими количественными показателями, отражающими социальную обстановку в Пермском крае. Так, например, «провал» по численности НКО в 2014 году приводит к резкому всплеску количества разводов (см. рис. 4), а также количества преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков (см. рис. 5).

Иными словами, это означает, что математическая модель вида (7) может быть использована в качестве эталонной (базовой) для теоретического анализа динамики изменения численности НКО.

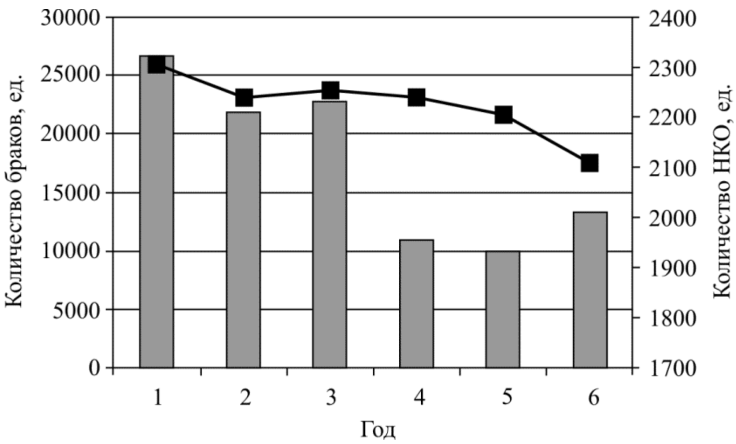

Рис. 3. Качественная взаимосвязь количества заключенных браков и динамики изменения численности НКО за 2011–2016 годы (авторская разработка по данным Роскомстата [20, 21])

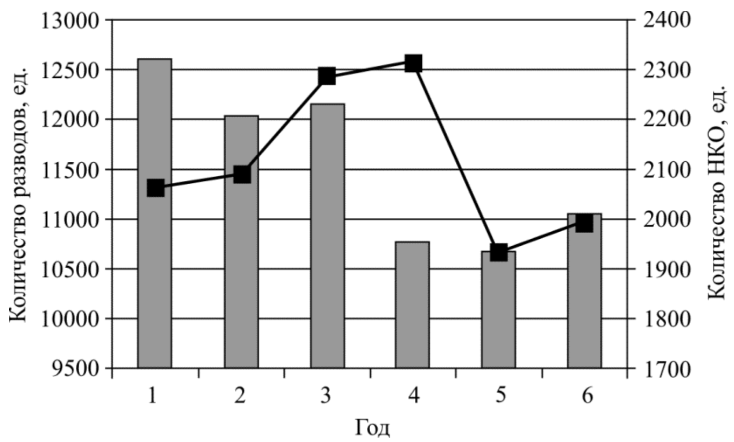

Рис. 4. Качественная взаимосвязь количества разводов и динамики изменения численности НКО за 2011–2016 годы (авторская разработка по данным Роскомстата [20, 21])

Хотя математическая модель (7) в силу линейности и не способна воспроизвести все особенности эксперимента, она, тем не менее, является надежной основой для дальнейшего усложнения и расширения, а также позволяет понять особенность процесса на качественном уровне. При помощи этой модели в аспекте использования весьма упрощенных допущений о характере закономерностей, описывающих поведение социально-экономической системы, сугубо математическими методами нами было получено заключение о качественном характере поведения системы, т.е. о наличии колебательного изменения численности НКО.

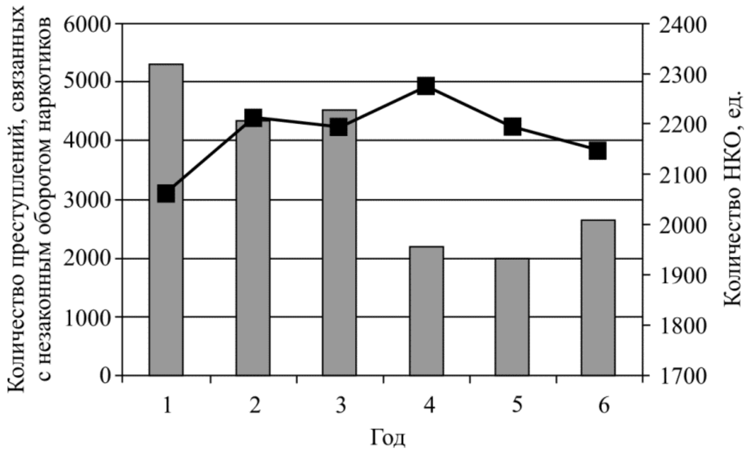

Рис. 5. Качественная взаимосвязь количества преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков, и динамики изменения численности НКО за 2011–2016 годы (авторская разработка по данным Роскомстата [20, 21])

С целью проверки результатов математического моделирования были обработаны разрозненные экспериментальные данные и получены результаты, позволившие наглядно показать связь колебательного поведения численности НКО с другими количественными характеристиками. Без построения математической модели и ее использования получить такие выводы было бы принципиально (!) невозможно.

Выводы:

1. Развит теоретический подход, позволивший свести проблему количественного описания динамики численности НКО к задаче однономенклатурной системы управления запасами.

2. На основе анализа математической модели дана качественная интерпретация теоретически предсказанному явлению колебательного изменения во времени численности НКО.

3. Показано, что колебательное поведение численности НКО неизбежно вызовет немонотонную динамику изменения иных характеристик социальной активности населения.

4. Предложенные в работе математические модели вида (7) могут быть использованы в качестве базовых для разработки стратегии управления динамикой численности НКО, равно как и связанных с ней характеристик социально-экономической системы.

Список литературы

1. Послание Президента России Владимира Путина Федеральному собранию РФ [Электронный ресурс]. – URL: https: // www.1tv.ru/news/2016-12-

01/315183 poslanie_prezidenta_rossii_vladimira_putina_federalnomu_sobraniyu_rf_polnaya_versiya (дата обращения: 14.04.2018).

2. Основные итоги деятельности Министерства юстиции Российской Федерации за 2016 год [Электронный ресурс] // Офиц. сайт М-ва юстиции Рос. Федерации. – URL: http://www.minjust.ru/ (дата обращения: 14.04.2018).

3. Кольцова Э.М., Гордеев Л.С. Методы синергетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1999. – 256 с.

4. Математическое моделирование в микробиологии и химической технологии пищевых добавок: учеб. пособие / А.В. Болотин, И.М. Мага, В.В. Нечипорук, В.И. Ткач. – Ужгород: Изд-во В. Падяка, 2014. – 368 с.

5. Кудрявцев И.К. Химические нестабильности. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 280 с.

6. Полак Л.С., Михайлов А.С. Самоорганизация в неравновесных физико-химических системах. – М.: Наука, 1983. – 289 с.

7. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1987. – 802 с.

8. Николис Дж. С. Динамика иерархических систем: Эволюционные представления: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 486 с.

9. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного: Введение: пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 280 с.

10. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах: пер. с нем. – М.: Мир, 1979. – 280 с.

11. Пугачева Е.Г., Соловьенко К.Н. Самоорганизация социально-экономических систем. – Иркутск: Изд-во БГУП, 2003. – 172 с.

12. Капица С.П. Феноменологическая теория роста населения Земли // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166, № 1. – С. 64–80.

13. Капица С.П. Математическая модель роста народонаселения мира // Математическое моделирование. – 1992. – Т. 4, № 6. – С. 65–79.

14. Ковтун В.Н., Болотин А.В. О динамическом поведении системы $Ni–H_2SO_4$ в области высоких анодных потенциалов в зависимости от режимов электролиза // Электрохимия. – 2005. – Т. 41, №1. – С. 111–115.

15. Владимирский Б.М., Горстко А.Б., Ерусалимский Я.М. Математика. – М.: Лань, 2006. – 960 с.

16. Гришина С.А. Представление экономического процесса в виде замкнутой динамической системы и его математическое описание // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. – 2011. – №. 1-2. – С. 89–99.

17. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами. – М.: Академкнига, 2007. – 690 с.

18. Колемаев В.А. Математическая экономика. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 399 с.

19. Вавенко И.Н., Кузин И.А. Динамика неформальной экономической популяции в России // Экономика и математические методы. – 2003. – Т. 39, № 1. – С. 120–122.

20. Пермский край в цифрах [Электронный ресурс] / Террит. орган Федер. службы гос. статистики по Пермскому краю. – Пермь, 2017. – URL: http://permstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/permstat/ru/statistics/population (дата обращения: 14.04.2018).

21. Пермский край в цифрах [Электронный ресурс] / Террит. орган Федер. службы гос. статистики по Пермскому краю. – Пермь, 2016. – URL: http: // permstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/permstat/resources/edc67f004155ea4cba06bfa3e1dde74c/Пермский+край+в+цифрах+2016.pdf (дата обращения: 14.04.2018).

References

1. Poslanie prezidenta Rossii Vladimira Putina Federal'nomu sobraniiu RF [The address of Russian President Vladimir Putin to the Federal Assembly of the Russian Federation], available at: https://www.1tv.ru/news/2016-12-01/315183poslanie_prezidenta_rossii_vladimira_putina_federalnomu_sobraniyu_rf_polnaya_versiya (accessed 14 April 2018).

2. Osnovnye itogi deiatel'nosti Ministerstva iustitsii Rossiiskoi Federatsii za 2016 god [The main results of activity of Ministry of Justice of the Russian Federation for 2015]. *Ofitsial'nyi sait Ministerstva iustitsii Rossiiskoi Federatsii*, available at: http://www.minjust.ru/ (accessed 14 April 2018).

3. Kol'tsova E.M., Gordeev L.S. Metody sinergetiki v khimii i khimicheskoi tekhnologii [Synergetic methods in chemistry and chemical technology]. Moscow, Khimiia, 1999, 256 p.

4. Bolotin A.V., Maga I.M., Nechiporuk V.V., Tkach V.I. Matematicheskoe modelirovanie v mikrobiologii i khimicheskoi tekhnologii pishchevykh dobavok [Mathematical modeling in microbiology and chemical technology of food additives]. Uzhgorod, Izdatel'stvo V. Padiaka, 2014, 368 p.

5. Kudriavtsev I.K. Khimicheskie nestabil'nosti [Chemical instability]. Moscow, Moscow State University, 1987, 280 p.

6. Polak L.S., Mikhailov A.S. Samoorganizatsiia v neravnovesnykh fiziko-khimicheskikh sistemakh [Self-organization in non-equilibrium physicochemical systems]. Moscow, Nauka, 1983, 289 p.

7. Frank-Kamenetskii D.A. Diffuziia i teploperedacha v khimicheskoi kinetike [Diffusion and heat transfer in chemical kinetics]. Moscow, Nauka, 1987, 802 p.

8. Nicolis J. Dynamics of hierarchical systems: An evolutionary approach (Russ. ed.: Nikolis Dzh. S. Dinamika ierarkhicheskikh sistem: evoliutsionnye predstavleniia. Moscow, Mir, 1989, 486 p.).

9. Nikolis G., Prigozhin I. Exploring complexity: Introduction (Russ. ed.: Nikolis G., Prigozhin I. Poznanie slozhnogo: vvedenie. Moscow, Mir, 1990, 280 p.).

10. Ebeling W. Strukturbildung bei irreversiblen prozessen (Russ. ed.: Ebeling V. Obrazovanie struktur pri neobratimykh protsessakh. Moscow, Mir, 1979, 280 p.).

11. Pugacheva E.G., Solov'enko K.N. Samoorganizatsiia sotsial'no-ekonomicheskikh sistem [Self-organization of socio-economic systems]. Irkutsk, Baykal State University of Economics and Law, 2003, 172 p.

12. Kapitsa S.P. Fenomenologicheskaia teoriia rosta naseleniia Zemli [The phenomenological theory of world population growth]. *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 1996, vol. 166, no. 1, pp. 64–80.

13. Kapitsa S.P. Matematicheskaia model' rosta narodonaseleniia mira [Mathematical model of global population growth]. *Matematicheskoe modelirovanie*, 1992, vol. 4, no. 6, pp. 65–79.

14. Kovtun V.N., Bolotin A.V. O dinamicheskom povedenii sistemy Ni–H2SO4 v oblasti vysokikh anodnykh potentsialov v zavisimosti ot rezhimov elektroliza [Dynamic behavior of Ni-H2SO4 system at high anodic potentials and different electrolysis conditions]. *Elektrokhimiia*, 2005, vol. 41, no. 1, pp. 111–115.

15. Vladimirskii B.M., Gorstko A.B., Erusalimskii Ia.M. Matematika [Mathematics]. Moscow, Lan', 2006, 960 p.

16. Grishina C.A. Predstavlenie ekonomicheskogo protsessa v vide zamknutoi dinamicheskoi sistemy i ego matematicheskoe opisanie [View of the economic process in the form of a closed-system dynamic and its mathematical description]. *Izvestiia Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskie i iuridicheskie nauki*, 2011, no. 1–2, pp. 89–99.

17. Bespalov A.V., Kharitonov N.I. Sistemy upravleniia khimiko-tekhnologicheskimi protsessami [Chemical technology processes control systems]. Moscow, Akademkniga, 2007, 690 p.

18. Kolemaev V.A. Matematicheskaia ekonomika [Mathematical economy]. Moscow, IuNITI-DANA, 2002, 399 p.

19. Vavenko I.N., Kuzin I.A. Dinamika neformal'noi ekonomicheskoi populiatsii v Rossii [The dynamics of non-formal economic population in Russia]. *Ekonomika i matematicheskie metody*, 2003, vol. 39, no. 1, pp. 120–122.

20. Permskii krai v tsifrakh [Perm Krai in numbers]. Perm, 2017, available at: http://permstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/permstat/ru/statistics/ population (accessed 14 April 2018).

21. Permskii krai v tsifrakh [Perm Krai in numbers]. Perm, 2016, available at: http://permstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/permstat/resources/edc67f004155ea4cba06bfa3e1dde74c/Пермский+край+в+цифрах+2016.pdf (accessed 14 April 2018).

Оригинальность 80 %

Получено 18.01.2018 Принято 16.02.2018 Опубликовано 03.04.2019

A.A. Lunegova, A.V. Bolotin

THEORETICAL ANALYSIS OF THE GROWTH DYNAMICS OF THE NUMBER OF NON-PROFIT ORGANIZATIONS IN RUSSIA

The mathematical apparatus of the theory of dynamic systems was applied to analyze the temporal evolution of the number of non-profit organizations (NPOs) in the Russian Federation. The paper describes an algorithm of constructing and researching the basic mathematical model of change in the number of NPOs, which opens the way to the management of the dynamic behavior of the NPOs number, for the best achievement of the desired result, reducing the solution of the problem to applying a well-developed mathematical apparatus of the problem of single-nomenclature system of inventory management. It is shown that changes in the number of NPOs, in particular, the observed forms of oscillatory behavior, can serve as an “indicator response” to the loss of stability of the socio-economic system, i.e. as a criterion of its proximity to dangerous (bifurcation) boundaries. The role of NPOs in improving the quality of life of the population is discussed. In order to illustrate the theoretical results obtained, only some aspects of the quality of life of the population have been chosen, namely: the number of marriages, the number of divorces, and the number of crimes related to illicit drug trafficking. The qualitative relationship between the temporal evolution of these indicators and the dynamics of changes in the number of NPOs has been established. The graphical illustration of the qualitative relationship that we have built according to the Rosstat data clearly shows that as the number of NPOs grows, the positive aspects of the quality of life increase, while the negative aspects decrease, and vice versa.

Keywords: *non-profit organizations (NPOs), social potential, social environment, rate of change of NPOs, quality of life of the population, number, system analysis, periodic processes.*

Anastasiya A. Lunegova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Technical Disciplines, Perm National Research Polytechnic University, Lysva Branch, Autonomous non-profit organization "Culturally – the legal center "VIVAT", e-mail: laaru@rambler.ru.

Aleksandr V. Bolotin – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of industrial and civil engineering of FSBEI HE "Northeast State university", Polytechnic institute, e-mail: alexandr_bolotin@mail.ru.

Received 18.01.2018 Accepted 16.02.2018 Published 03.04.2019