УДК 535.3

ВОЗДЕЙСТВИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ДИНАМИКУ СОЦИУМА

А. Р. Каримов[1], В. А. Щеглов

В рамках социально-гидродинамической модели, представляющей собой расширение модели развития популяции на человеческое общество, обсуждается влияние пассионарности на формирование новых структур в обществе при изменении численности населения.

Нелинейная динамика сложных физических систем позволяет по-новому подойти к изучению явлений нефизической природы [1 – 4]. В частности, в работе [5] была предложена социально-гидродинамическая аналогия, связывающая представление о начальном пассионарном толчке [6] с нелинейной динамикой общественных процессов, которые допускают описание уравнениями гидродинамики. В рамках этой модели усложнение различных общественных институтов связывалось с образованием и усложнением динамической структуры соответствующей физической системы.

Однако предложенная аналогия является неполной, требуется ее дальнейшее развитие, учитывающее реальные процессы в социуме, которые пока не были включены в рассмотрение. В частности, предложенная модель [5] имеет дело с постоянной во времени численностью системы, тогда как реально количество людей меняется с течением времени, поэтому необходимо включение в модель источников (рождение) и стоков (убыль населения), отражающих различные социально-биологические аспекты: войны, эпидемии и т.д.

Следует ожидать, что изменение численности людей может привести к качественным особенностям в динамике социума, его самоорганизации, включая форму его общественно-государственного устройства в текущий момент. В свою очередь, процессы в социуме могут влиять на динамику роста (убыли) того или иного этноса.

[1]Институт высоких температур РАН.

За счет данных процессов может происходить дальнейшая структуризация социума. По сути данная работа является попыткой перенести на человеческое общество модели развития популяции Лотки–Вольтерра [7, 8] и Ферхюльста [9]. Однако в отличие от модели Ферхюльста и Лотки–Вольтерра здесь учитывается внутренная структура человеческого общества.

Социологически-гидродинамическая модель. В [5] было предложено использовать понятие социально-временного континуума, подобное пространственно-временному континууму, что позволило использовать уравнения гидродинамики для описания процессов в обществе. В настоящей работе мы рассмотрим явления в социуме, чья динамика описывается простейшими гидродинамическими уравнениями, дополненными источниковыми членами, отражающими прирост и убыль населения:

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(nU) = W, \tag{1}$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U\frac{\partial U}{\partial x} = 0. \tag{2}$$

Здесь координата x отражает социальное положение человека в обществе, $n(x)$ имеет смысл плотности людей на данном социальном уровне. $U(x)$ отражает скорость перемещения людей по координате x, эта величина характеризует социальные изменения в обществе, перемещение людских масс в иерархической структуре общества и способности отдельных индивидуумов. Мы отождествляем эту скорость $U(x)$ с введенной Л. Н. Гумилевым пассионарностью в текущий момент времени. Величина $W(n)$ отражает изменения численности из-за процессов прироста и убыли населения, ее конкретный вид от численности населения будет уточнен далее на основе имеющейся в литературе информации о демографических процессах в обществе. Чтобы проследить качественную зависимость плотности $n(t,x)$ по координате x для произвольного момента времени t от начальных условий, удобно перейти от эйлерова описания к переменным Лагранжа,

$$\tau = t, \;\; \xi = x - \int\limits_0^t U(t', \xi)dt'. \tag{3}$$

Преобразование (3) справедливо до тех пор, пока его якобиан

$$J(\tau,\xi) = 1 + \tau U_0'(\xi) \tag{4}$$

остается положительным,

$$J(\tau, \xi) > 0. \tag{5}$$

Здесь $U_0'(\xi) = \partial U / \partial \xi|_{\tau=0}$. При этом из (3) следует

$$U(\tau, \xi) = \frac{\partial x}{\partial \tau}. \tag{6}$$

В лагранжевых переменных частные производные в (1) и (2) преобразуются как

$$\frac{\partial}{\partial t} \to \frac{\partial}{\partial \tau} - \frac{U}{J}\frac{\partial}{\partial \xi}, \ \frac{\partial}{\partial x} \to \frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \xi}. \tag{7}$$

Подставляя (7) в (1) и (2) и используя (6), получим

$$\frac{\partial}{\partial \tau}\left(n\frac{\partial x}{\partial \xi}\right) = W\frac{\partial x}{\partial \xi}, \tag{8}$$

$$\frac{\partial^2 x}{\partial \tau^2} = 0. \tag{9}$$

Решение (2, 9) есть

$$x(\tau, \xi) = a(\xi)\tau + b(\xi), \tag{10}$$

где функции $a(\xi)$ и $b(\xi)$ определяются начальными условиями

$$x(0, \xi) = \xi, \ \ \frac{\partial x}{\partial \tau}|_{\tau=0} = U_0(\xi), \tag{11}$$

т.е. (10) приобретает вид

$$x(\tau, \xi) = U_0(\xi)\tau + \xi. \tag{12}$$

Подставляя (12) в (8), получим

$$(1 + \tau U_0')\frac{\partial n}{\partial \tau} + U_0' n - (1 + \tau U_0')W = 0. \tag{13}$$

Уравнение (13) вместе с начальным распределением $n_0 = n_0(\xi)$ определяет динамику социума с учетом изменения численности населения.

Описание демографических процессов. Перейдем к определению члена W в (13). Ясно, что в любой момент времени изменение численности населения задается балансом между рождаемостью, смертностью и миграцией. В случае замкнутой системы миграционные процессы отсутствуют, для простоты мы ограничимся рассмотрением именно этого случая.

Анализ демографических процессов [2] свидетельствует, что по мере развития общества рождаемость и смертность уменьшаются, а рост населения увеличивается. Такое поведение завершается при наступлении максимума роста населения, после чего наступает переход к режиму стабилизации населения, при котором рождаемость и смертность стремятся к некоторым постоянным значениям. Поэтому всегда можно выделить два характерных этапа в развитии социума: период роста, когда численность населения не ограничивается процессами в обществе, и вблизи максимума, когда начинают работать сдерживающие рост населения факторы. Каждый этап характеризуется своей скоростью роста населения W.

Достаточно хорошим приближением для периода роста является модель, в которой скорость W принимается пропорциональной квадрату полного числа людей, а их убыль пропорциональна их полной численности. В рассматриваемой модели мы будем использовать

$$W = \alpha n^2 - \beta n, \tag{14}$$

где α и β константы, задающие прирост и убыль населения. Смысл этой зависимости в том, что она определяет возможность браков только между людьми одного и того же социального уровня, установление связей между людьми с разным социальным весом в настоящей модели исключается.

Следует отметить, что быстрое увеличение численности людей при скорости (14) описывается гиперболической зависимостью [2], и будет происходить до тех пор, пока скорость процесса и численность населения остаются конечными. Для зависимости вида (14) всегда существует конечный момент времени, когда численность неограниченно возрастет. Именно этот момент соответствует наступлению демографического взрыва, но в реальных условиях, как отмечалось ранее, в данной области вступают в силу факторы, ограничивающие рост. Кроме того, гиперболическая зависимость имеет недостаток в описании численности при малых временах. Данная зависимость даст существенную численность людей в настоящее время только в том случае, если принять, что человечество существует по крайней мере несколько миллиардов лет, но это противоречит современным представлениям о возрасте человечества. Существенно отметить, что скорость роста именно проходит через максимум, а не устанавливается на своем наибольшем значении. По мере того как скорость роста уменьшается, население Земли выходит на плато и стабилизируется. При этом ограничение обязано именно пределу скорости роста, а не отсутствию ресурсов. Это будет справедливо до тех пор, пока наше воздействие на окружающую среду не приведет к глобальным по своим масштабам последствиям, которые уже в следующем приближении могут повлиять на развитие человеческого общества в целом. На этапе стабилизационного развития для скорости роста будем использовать выражение

$$W = \frac{W_0 n_0}{1 + \tau U_0'(\xi)}, \tag{15}$$

где W_0 – константа. В зависимости от знака U_0' скорость W с течением времени может либо неограниченно возрастать, как в случае гиперболического распределения, либо монотонно убывать до нуля.

Определенная таким образом скорость роста не зависит явно от внешних условий и определена только собственными системными характеристиками – параметрами α и β в (14), U_0' и W_0 в (15), которые могут зависеть от состояния системы в целом.

Влияние демографических процессов на организацию социума. Перейдем к анализу воздействия источникового члена W на процессы организации социума. Для переходного периода с источниковым членом (14) решение (13) есть

$$n(\tau,\xi) = n_0(\xi) J^{-1} \left\{ 1 - K \int\limits_1^J y^{-1} \exp[-\beta_y / U_0'(\xi) dy] \right\}^{-1}, \tag{16}$$

где

$$K = \frac{\alpha \exp(\beta / U_0')}{U_0'}.$$

Из данного соотношения видно, что наряду с обычным условием коллапса $J = 0$, в системе развивается сингулярность, обусловленная исключительно демографическим ростом. Условие ее образования есть

$$1 - K \int\limits_1^J y^{-1} \exp(-\beta_y / U_0') dy = 0. \tag{17}$$

Очевидно, возникновение этой сингулярности возможно только при определенном наборе параметров α, β, U_0, которые, в свою очередь, отражают процессы экономической, технологической, социальной, культурной и биологической природы в социуме. При этом скорость размножения является лишь одним из необходимых факторов образования коллапса.

Перейдем к обсуждению динамики вблизи точки насыщения. В этом случае изменение численности населения описывается выражением (15), а решение (13) при этом имеет вид

$$n(\tau, \xi) = n_0(\xi)[1 + \tau U_0'[(\xi)]^{\sigma}, \tag{18}$$

где $\sigma = \frac{W_0 - U_0}{U_0'}$.

Данное решение (18) при $W_0 \to 0$ переходит в решение для социума с постоянным числом людей, в котором при $U_0' < 0$ за конечное время возникают сингулярности. Коллапс плотности $n(\tau, \xi)$, ведущий к развалу существующего социума, возникает и при $W_0 \neq 0$, когда $\sigma < 0$. Такое поведение возможно при ослаблении начальной пассионарности по мере роста положения человека в социуме ($U_0' < 0$) и увеличивающейся численности населения, $W_0 > 0$. Если $U_0' < 0$, то сингулярность разовьется и при уменьшении численности людей, в случае $W_0 < 0$ и $|W_0| < |U_0'|$, т.е. скорость уменьшения численности будет меньше скорости падения пассионарности при повышении социального положения. При $U_0' > 0$, $W_0 > 0$ и $W_0 < U_0'$, когда пассионарность растет быстрее численности социума, также происходит разрушение социальной структуры общества.

Устойчивое развитие социума вблизи положения демографического насыщения возможно только в двух случаях. 1: При деградации общества $U_0' < 0$ и $W_0 < 0$, если $|W_0| > |U_0'|$, что означает более быстрое уменьшение численности населения по сравнению с падением пассионарности. Более привлекательной выглядит ситуация 2: $U_0' > 0$, $W_0 > 0$ и $U_0' > W_0$. В этом случае повышение пассионарности с низов общества к его верхам происходит при увеличении численности социума, а рост пассионарности по ξ опережает увеличение численности населения. Именно при таком соотношении между пассионарностью и демографическими процессами возможно устойчивое развитие социума вблизи положения демографического максимума. Однако следует признать, что такая ситуация может быть в идеальном обществе, а не в реальности.

В настоящей работе в социально-гидродинамическую аналогию были включены демографические процессы. Рассмотрены простейшие модели роста численности социума. По сути данную работу следует рассматривать как попытку обобщения модели роста и взаимодействия популяций Лотки–Вольтерра на человеческое общество. При этом возникает ряд принципиальных особенностей, отличающих динамику социума.

Установлена возможность возникновения сингулярностей в человеческом обществе. Данное свойство принципиально отличает человеческое общество от всего живого мира. Так, при описании развития популяции животных предполагается [7, 8], что скорость роста каждого вида пропорциональна числу особей, и учитывается взаимно влияние других видов, которые выступают по отношению к данному в роли хищников или добычи. В такой динамической системе рост происходит по экспоненте, а переходные процессы описываются логистической кривой Ферхюльста, при этом для развития сингулярного поведения, ведущего к разрушению системы, в принципе нет необходимых условий. В системах типа Лотки–Вольтерра реализуются только колебательные режимы, такое поведение остается даже при включении в рассмотрение памяти [10].

Для человеческого общества модель (1) и (2) с источниковым членом вида (14) или (15) показывает необходимость совместного учета пассионарных и демографических процессов в развитии социальных процессов. По-видимому, данная особенность будет очень важна для понимания динамики социальных процессов при включении в модель миграционных потоков. По-видимому, именно данная особенность, ведущая к возникновению все новых и новых структур в социуме, отличает динамику человеческого общества от всего остального животного мира.

Особо следует подчеркнуть коллективную природу процессов образования и развития структур в обществе [см. (17) и (18)]. Очевидно, что их кооперативная природа, величина управляющих параметров σ и K, вид источникового члена W задаются биологическими, экономическими, историческими процессами. Тесное переплетение этих факторов позволяет говорить об информационной или религиозной основе социальных явлений, что должно иметь явное выражение в устройстве того или иного государства.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Gammaitoni L., Hanggi P., Jung P., and Marchesoni F. Rev. Modern Phys., **70**, 223 (1998).

[2] Капица С. П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. Очерк теории роста человечества. М., Ин-т физ. проблем, 1999.

[3] Азроян Э. А., Шелепин Л. А. Препринт ФИАН N 58, М., 1998.

[4] Капица С. П., Малиницкий Г. Г., Курдюмов С. П. Синергетика и прогнозы будущего. М., Наука, 1997.

[5] Каримов А. Р., Щеглов В. А. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 1, 36 (2003).

[6] Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли. Ленинград, Изд-во Лен. ун-та, 1989.

[7] Lotka A. J. Elements of Physical Biology. Baltimora, 1925.

[8] V o l t e r r a V. Lecons sur la Theorie Mathematique de la Lutte pour la Vie. Gauthier-Villars, Paris, 1931.

[9] М а р р и Д. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. М., Мир, 1982.

[10] К у л а г и н Ю. А., С е р и к о в Р. И., С и м а н о в с к и й И. В., Ш е л е п и н Л. А. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 11, 39 (1999).

Поступила в редакцию 3 декабря 2003 г.