

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ МИРОВОГО СООБЩЕСТВА

В.А. Белавин, Е.Н. Князева, Е.С. Куркина

Постановка проблемы. Мировое сообщество – сложная неравновесная саморазвивающаяся и самоорганизующаяся система. Сложность, многофакторность и противоречивость развития мирового сообщества, взаимозависимость экономических, демографических и геополитических процессов приводит к мысли, что это развитие невозможно описать простыми универсальными законами. Однако это не так. Эволюция человечества как глобальной системы, как и эволюция любой открытой неравновесной системы, подчиняется законам нелинейной динамики и синергетики [1,2]. Применяя методы и теоретические представления синергетики, определяя параметры порядка социального развития, соответствующие тому или иному иерархическому уровню организации, и главные действующие силы, можно создавать достаточно простые модели, способные адекватно описывать и предсказывать сценарии развития того или иного процесса в этой глобальной системе [3].

Благодаря применению синергетики в настоящее время значительные успехи достигнуты в области глобальной демографии. Здесь имеется ряд математических моделей, теоретически объясняющих наблюдаемый в XX веке взрывной рост народонаселения Земли в режиме с обострением – **демографический взрыв** и происходящий в настоящее время **глобальный демографический переход** [4-7].

Наиболее глубокой разработкой в этой области по праву считается математическая модель, созданная С.П. Капицей [4]. Он впервые предложил рассматривать население мира как единую самоорганизующуюся систему, развитие которой подчиняется в большей степени собственным внутренним законам, чем внешним факторам. Он показал, что общая численность населения Земли N есть ведущая медленная переменная (главный параметр порядка), к которой подстраиваются все остальные переменные. Тем самым он провозгласил **принцип демографического императива**: именно демография, рост народонаселения Земли, обуславливает характер социальных, экономических и геополитических процессов, происходящих в глобальной системе человечества.

При анализе глобального демографического процесса все остальные параметры и процессы, влияющие на рост народонаселения, такие как распределение людей в пространстве, возрастные, расовые и имущественные различия, в модели усредняются и тем учитываются в общем взаимодействии. В результате С.П.К. удалось описать, всесторонне проанализировать и объяснить гиперболический рост народонаселения, имевший место на протяжении почти всей истории человечества

– более полутора миллиона лет, и обосновать закономерность наблюдаемого в настоящее время глобального демографического перехода.

Но человечество не только увеличивало свою численность, оно достаточно долго расселялось по всей планете. Антропологи считают, что заселение Земли произошло в течение средней эпохи Каменного века, которая длилась около полумиллиона лет. За это время изменялась география Земли и климат, разъединялись и вновь соединялись целые материки, а человек заселял все новые и новые земли. И даже после того, как человек расселился по всей планете, и в результате социальной эволюции образовались государства и государственные границы, препятствующие свободной миграции, все время происходило перераспределение народонаселения, шли многочисленные войны за передел существующих границ, создавались и разрушались империи. И чем интенсивнее увеличивалась численность человечества, тем острее и масштабнее становились эти процессы. Но, несмотря на войны, катаклизмы и эпидемии, уносившие порой заметную долю населения, закон роста народонаселения относительно быстро восстанавливался и снова выходил на гиперболическую кривую.

Устойчивость закона роста общего числа людей в режиме с обострением и усиление неустойчивости развития мирового сообщества в целом; а также две противоположные тенденции, наблюдаемые в истории человечества – стремление к объединению с одной стороны, и распад существовавших империй, стремление к национальному и этническому самоопределению – с другой стороны, можно описать только с помощью модели, учитывающей пространственное распределение народонаселения и естественные флуктуации его численности. Идея построения такой модели, в основе которой лежит квазилинейное уравнение теплопроводности с источником, была впервые выдвинута С.П. Курдюмовым, и реализована коллективом авторов в работах [8-10]. Модель является развитием глобальной демографической модели С.П.К. , учитывающей пространственное распределение народонаселения где:

- дан характер пространственного распределения людей по Земному шару и возникновение неоднородностей (урбанистических кластеров и их эволюция).

- указаны причины появления характерной периодичности в истории человечества на 11 главных исторических эпох, на которые указывает и которые изучает в своих работах С.П. К.

- изучены различное влияние локальных и глобальных флуктуаций в разные исторические периоды развития мирового сообщества (на разных стадиях процесса гиперболического роста).

- показана неединственность пути исторического развития, существование нескольких аттракторов на отдаленную историческую перспективу (30-50-100 лет).

- изучены процессы миграции и влияние локальных и глобальных флуктуаций и их влияние на рост в разные исторические периоды развития мирового сообщества (на разных стадиях процесса гиперболического роста).

- указано на неединственность пути исторического развития и существование нескольких аттракторов на отдаленную историческую перспективу (30-50-100 лет).

Таким образом, целью настоящей работы является исследование глобальных процессов развития мирового сообщества на протяжении всей истории человечества на основе предложенной модели глобальной демографической системы с учетом пространственного распределением народонаселения. Данная модель позволяет объяснить устойчивость гиперболического закона роста; наличие эпохи линейного роста на начальной стадии развития и характер пространственного распределения людей по Земному шару, ведущих к возникновению неоднородностей (урбанистических кластеров и их эволюцию);

Иерархическая система математических моделей.

А) Точечная модель С.П. Капицы.

Как упоминалось выше, для описания явления столь глобального масштаба, как рост народонаселения Земли на протяжении миллионов лет **С.П.К. использовал системный подход, опирающийся на идеи синергетики. Человечество рассматривается им как единая система.** Многие факты указывают на то, что такой подход правомерен и плодотворен. Это, например, устойчивость общего закона гиперболического роста или относительная синхронность смен исторических эпох в разных регионах Земного шара, свидетельствующая о сильных информационных взаимодействиях в мировой системе даже в те далекие времена. В основе модели С.П.К. лежит одно обыкновенное нелинейное дифференциальное уравнение первого порядка, описывающее изменение во времени полного числа людей N – единственной аддитивной переменной:

$$g \frac{dN}{dT} = \frac{N^2}{K^2} \quad (1)$$

где время T выражено в годах от начала нашей эры, а g и K – две важнейшие системные константы, подобранные эмпирическим путем. Другие переменные исключаются, поскольку процесс роста рассматривается на большом числе поколений, достаточном для устранения отклонений, вызванных случайными факторами. Время g – это некоторая средняя временная характеристика системы, описывающая репродуктивную способность и эффективное время жизни 1 поколения; **разные авторы используют несколько отличающиеся значения g , у С.П.К. $g = 45$ лет** [7]. Ниже замечания и вопросы СПК приведены в {фигурных скобках}.



Константа роста $K = 67000$ — это основная безразмерная динамическая характеристика системы. Она соответствует эффективному размеру группы, в которой проявляются коллективные признаки сообщества людей, например, оптимальный масштаб городского района, обладающий системной самодостаточностью. Это как бы квант процесса урбанизации мирового сообщества. В рамках этого подхода крупные города, такие как Москва, предстают сосредоточением около 150 самостоятельных городских единиц. { K есть параметр когерентности. Почему не используется $n=N/K$?}

Таблица 1. Развитие демографической системы в логарифмическом представлении

| ДЕМОГРАФИЯ и АНТРОПОЛОГИЯ | | | | | | | ИСТОРИЯ И ТЕХНИКА | |
|---------------------------|-----|----------|----------------|-----------------|---------------------------------|----------------|---|---------|
| Эпоха | Век | θ | T | N | Период | ΔT лет | | |
| С | И | | 2 200 | $11 \cdot 10^9$ | Стабилизация населения мира | 45 | Изменение возрастного состава, Урбанизация; ← наст. Время Биотехнологии, Компьютеры. Мировые войны, Электроэнергия; Фр. революция, Великие геогр. открытия. | |
| | С | | 2 050 | $9 \cdot 10^9$ | | | | |
| | Т | 11 | 2 000 | $6 \cdot 10^9$ | Мировой демографический переход | 45 | | |
| | О | 10 | 1 955 | $3 \cdot 10^9$ | | | | |
| В | Р | 9 | 1 840 | $1 \cdot 10^9$ | Новейшая | 125 | Книгопечать. Падение Рима; Греция, Будда, Письменность; Египет, Китай, Индия, Керамика, бронза; Микролиты; Заселение Америки; Homo Sapiens, Речь, Овладение огнем; Заселение Европы, Азии; Рубила. Homo Nadilis Отделение гоминид от гоминоидов в Африке | |
| | И | 8 | 1 500 | | Новая | 340 | | |
| | Я | 7 | 500 н.э | | Средние века | 1 000 | | |
| | В | 6 | До н.э | | $1 \cdot 10^8$ | Древний мир | | 2 500 |
| | | | 9 000 | | | Неолит | | 7 000 |
| | К | 5 | 29 000 | | | | | 20 000 |
| | | | 1 $\cdot 10^7$ | | | Мезолит | | |
| | М | 4 | 80 000 | | | | | 51 000 |
| | | | | | | Мустье | | |
| | Н | 3 | 220 000 | | | | | 140 000 |
| | | | | $1 \cdot 10^6$ | Ашель | | | |
| Ы | 2 | 600 000 | | | | 380 000 | | |
| | | | | | Шелль | | | |
| В | 1 | 1600 000 | | | | 1 млн | | |
| | | | | $1 \cdot 10^5$ | Олдувай | | | |
| А | К | 0 | 4400 000 | (1) | Антропогенез | 3 млн | | |

Решением (1) является гиперболический закон роста:

$$N = \frac{200}{T_1 - T} \text{ млрд,} \quad (2)$$

где $T_1 = 2025$ — критическая дата, теоретический момент обращения численности человечества в бесконечность. Формулу (2) как эмпирическое выражение ранее уже

!
Ðàæè ñ íáíñòðáíèàì ÿòì àèìàìè-àñèèè ìðè-èìíúè çàèí, èìòòòò èìòòòò
à ðáçòèùòàòà ááèñòðáèù ðèìæèðáèùííè íáðàòííè ñáùçè, à íá ÿìèðè-àñèàù çààèñèìíòù ÷èñèáíííòè
ìò áðáìáè!

предлагали другие авторы [11]. Данные демографии показывают, что закон (2) хорошо описывает рост населения мира на протяжении многих тысяч лет. В физике зависимость (2) известна, как режим с обострением (см. рис. 3). Такое развитие динамически самоподобно и обладает свойством сжатия времени. Действительно

$$\frac{dN}{N} = \frac{dT}{T_1 - T}, \quad \text{где } T_1 = 2025. \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что скорость прироста все время нарастает, и интервал времени, в течение которого происходит удвоение численности, сокращается. Результаты математического моделирования прямо соответствуют здесь демографическим данным. Если первый миллиард появился в 1830 г., то в 1960 г. население Земли составляло 3 млрд. и в октябре 1999 г. на свет появился 6-млрд. житель Земли, То есть население планеты удвоилось всего за 40 лет! Ускорение течения исторического времени, сокращение длительности исторических эпох – факт, также известный историкам и философам [12]: так 1 млн. лет в палеолите оказывается эквивалентным 40 годам, т.е. по сути жизни одного поколения в наше время.

Существенным результатом теории развитой С.П.К. является обнаруженная связь главных исторических эпох с общей численностью населения. Он показал, что в каждую из 11 эпох по общепринятой классификации [4] (см. Таблицу 1), жило примерно одинаковое число людей (около 9 миллиардов человек). Смена эпох происходила, когда численность населения примерно утраивалась, и при этом длительность эпох сокращалась также примерно в три раза.

Важным результатом теории С.П.К. является объяснение природы закона квадратичного роста (1), столь отличающего человеческую популяцию от всех прочих популяций биологических видов. Причину квадратичной зависимости С.П.К. видит в информационной сущности человеческого общества и социальном развитии человечества как единой информационной системы, в которой скорость роста отдельных частей существенно зависит от общего размера всей системы [4].

Другим важным результатом теории С.П.К. является объяснение снижения скорости роста общей численности населения планеты с тенденцией к ее стабилизации, что составляет сущность происходящего ныне демографического перехода. В развитых странах Европы и США демографический переход начался еще в конце XIX века и в настоящее время уже полностью завершен; к середине XX века демографический переход стал феноменом, охватившим всю планету; многим странам Азии и Латинской Америки (Китаю, Индии, Пакистану, Индонезии, Бразилии и т.п.) с интенсивно растущей численностью населения еще предстоит завершить этот исторический этап в XXI веке. По мнению С.П.К. демографический переход связан не с ограничением ресурсов на Земле, как полагал Томас Мальтус и некоторые другие ученые, а с системным ограничением скорости роста, выражаемым константой θ ,

опосредованно учитывающей долгий период взросления и обучения человека, растянувшийся сейчас на 25 – 30 лет [4,7].

Б) Распределенная модель.

Будем исходить из принципа демографического императива, то есть считать, что рост численности населения определяет глобальную динамику развития мирового сообщества, оказывает сильнейшее влияние на такие процессы, как возникновение государств, их экспансионистскую политику, приводившую к формированию империй, на развитие, процветание, упадок и неизбежный крах империй, на создание все более мощных геополитических объединений. Предлагаемая модель описывает изменение плотности населения $u(r,t)$ (где r – пространственная переменная, а t – время) в разных районах Земного шара за счет некоторых системных процессов, которым в классической демографии соответствуют функции рождаемости и смертности, процессы миграции и др. В основе модели лежит квазилинейное уравнение теплопроводности с источником:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \text{div}(\chi_0 u^\sigma \text{grad } u) + q_0 u^\beta, \quad t > 0. \quad (4)$$

Здесь первое слагаемое в правой части описывает диссипативные процессы, происходящие в системе, а второе слагаемое – кумулятивные процессы, коммуникативную, информационную составляющую демографической системы; $\chi_0, q_0 > 0, \sigma > 0, \beta > 1$ – параметры модели, которые надо определить.

Антропологи предполагают, что гоминоиды отделившись от гоминидов, дали начало Homo sapiens, человеку разумному. Зародившаяся в одном из районов Африки человеческая популяция начала медленно расти, развиваться и распространяться по всей Земле. В модели этот процесс инициируется заданием в небольшой области некоторого начального распределения плотности $u_0(r)$.

При создании данной модели авторы руководствовались следующими принципами: 1) Общая численность народонаселения $N(t) = \int u(r,t) dr$, где интеграл берется по всему земному шару, должна расти по гиперболическому закону (2).

2) Модель строилась на основе поиска математических образов, адекватно описывающих рассматриваемую динамику. Параметры подбирались так, чтобы выбранный режим эволюции описывал бы наблюдаемые глобальные процессы.

3) Модель не претендует на описание конкретных исторических эпох, конкретных стран и географии Земли. Она описывает усредненную по всем странам и континентам, а также по нескольким поколениям динамику развития человеческого сообщества. Она отражает основные тенденции эволюции мировой системы в разные исторические эпохи, в том числе в настоящий момент. Поэтому в работе исследуется одномерное, цилиндрически-симметричное уравнение:

19 20

Εξά÷αεüíí çàèèääüââðñÿ ñòáíáííé, ïðè÷èíúé çàèíí ðíñòà ááç çàíàçäüââíèÿ, íáâíçíæíúé íè äèÿ èàèíé ïíóèÿèè. Ëñòíà ðíàà "òíí" áúè èç Àððèèè, ááç áíçäðàðà, ñ ïòáíóèèèüíí íáíðáíè÷÷áííü ðíñòí ïèòíñòè á èàæáíè òí÷èá. Íáííáðííà òðááíáíèá òáíèíðíáííáííñòè íá èíáàð íèèèèíáí ïòíðáíèÿ è ðíñòò ÷èñèáííñòè íáñáèáíèÿ Çáìèè.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{r^v} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^v \chi_0 u^\sigma \frac{\partial}{\partial r} u \right) + q_0 u^\beta \quad r > 0, \quad t > 0 \quad (4')$$

($v=0$ соответствует плоскому случаю, а $v=1$ – цилиндрически-симметричному). Кроме того, наряду с уравнением (4') рассматривается так называемая осредненная система, которая определяет изменение со временем амплитуды $g(t)$ и полуширины $\varphi(t)$ функции распределения плотности $u(r,t)$. Осредненная система представляет собой систему двух обыкновенных дифференциальных уравнений и имеет вид [8]:

$$\begin{aligned} \frac{dg}{dt} &= a_1 \varphi^{-2} g^{\sigma+1} + a_2 g^\beta, \\ \frac{d\varphi}{dt} &= a_3 \varphi^{-1} g^\sigma + a_4 g^{\beta+1} \varphi. \end{aligned} \quad (5)$$

где a_1, a_2, a_3, a_4 – некоторые константы, получающиеся при осреднении уравнения (4). При этом полная численность населения Земли пропорциональна произведению функций $g(t)$ и $\varphi(t)$:

$$N(t) \sim g(t) * \varphi(t). \quad (6)$$

Три типа режима с обострением эволюции начальных возмущений.

Нелинейное уравнение теплопроводности (4) имеет много приложений. Свойства его решений исследовались зарубежными и отечественными учеными, в частности, А.А. Самарским, С.П. Курдюмовым и их учениками (см. например [13], [14]). Было показано, что в нелинейной среде, описываемой уравнением (4), процессы идут в режиме с обострением. При определенных условиях имеет место явление локализации, и возникают локализованные нестационарные диссипативные структуры; в других случаях локализация отсутствует, и рост в режиме с обострением сопровождается распространением процесса на всю область. Характер эволюции начального возмущения, другими словами тип режима, определяется параметрами β и σ , то есть соотношением между теплопроводностью (или диффузией) и источником. {Следует ли обращаться к ТФКП при описании сингулярности ???}

Исследования показали, что среди всех начальных возмущений есть особые распределения плотности, которые самоподобно развиваются в режиме с обострением: это автомодельные решения уравнения (4). Автомодельные решения являются асимптотиками (аттракторами) многих других решений задачи Коши с произвольными начальными данными, причем произвольные начальные возмущения достаточно быстро по сравнению с их временем жизни приобретают близкое к автомодельному пространственное распределение, и далее выходят на автомодельный режим. Автомодельные решения уравнения (4) имеют вид [13]:

$$T(r,t) = g_a(t) \Theta(\xi), \quad \xi = \frac{r}{\varphi_a(t)}, \quad (7)$$

$$g_a(t) = \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^m, \quad \varphi_a(t) = \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^n, \quad m = -\frac{1}{\beta-1}, \quad n = \frac{\beta-\sigma-1}{2(\beta-1)},$$

где ξ – автомодельная переменная, $\tau > 0$ – произвольный параметр, имеющий смысл времени обострения. Его конкретное значение определяется начальными условиями.

Функция $\Theta(\xi)$ удовлетворяет автомодельному уравнению:

$$\frac{1}{\xi^v} \frac{\partial}{\partial r} \left(\chi_0 \xi^v \Theta^\sigma \frac{\partial \Theta}{\partial \xi} \right) = -\frac{m}{\tau} \Theta + \frac{n}{\tau} \xi \frac{\partial \Theta}{\partial \xi} - q_0 \Theta^\beta, \quad (8)$$

условию равенства нулю потока в центре и обычным граничным условиям, описывающим распространение фронта возмущения. Решения автомодельной задачи (8) принято называть собственными функциями (СФ), а их совокупность – спектром СФ [14].

Отметим некоторые свойства автомодельных решений, которые следуют непосредственно из анализа функций $g_a(t)$, $\varphi_a(t)$ и уравнения (8) [12], [13]. Так как $\beta > 1$, то $m < 0$, и при положительном $\tau > 0$ они существуют конечное время и развивается в режиме с обострением. (При отрицательном $\tau < 0$ автомодельное решение существует для любого $t > 0$ и описывает затухающий режим). Из формулы (7) следует, что при $n < 0$ и $\tau > 0$ (то есть при $1 < \beta < \sigma + 1$) рост СФ со временем в режиме с обострением сопровождается ее расширением, при этом фронт увеличивается по закону:

$$r_f = \xi_f \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^n. \quad (9)$$

Если $n = 0$ (то есть $\beta = \sigma + 1$), то фронт и все остальные точки профиля СФ не перемещаются по пространству; решение автомодельной задачи описывает локализованную в некоторой области нестационарную диссипативную структуру, развивающуюся в режиме с обострением.

При $n > 0$ (то есть при $\beta > \sigma + 1$) все точки профиля СФ движутся к центру; происходит сокращение полуширины области роста, при этом фронт находится на бесконечности. Таким образом, существует три типа автомодельных режимов с обострением: *HS*, *S* и *LS*.

HS–режим реализуется при $1 < \beta < \sigma + 1$ и описывает волну, амплитуда и фронт которой увеличиваются в режиме с обострением. **S–режим** реализуется при $\beta = \sigma + 1$ и представляет собой нестационарную диссипативную структуру, локализованную на фундаментальной длине L_T [14], [15]:

$$L_T = \frac{2\pi}{\sigma} \sqrt{\frac{\chi_0}{q_0} (\sigma + 1)}, \quad L_T \approx \frac{2\pi}{\sigma} \sqrt{\frac{\chi_0}{q_0} (\sigma + 1 + 4\sigma / (\pi^2 - 4))}, \quad (10)$$

$$v = 0, \quad v = 1$$

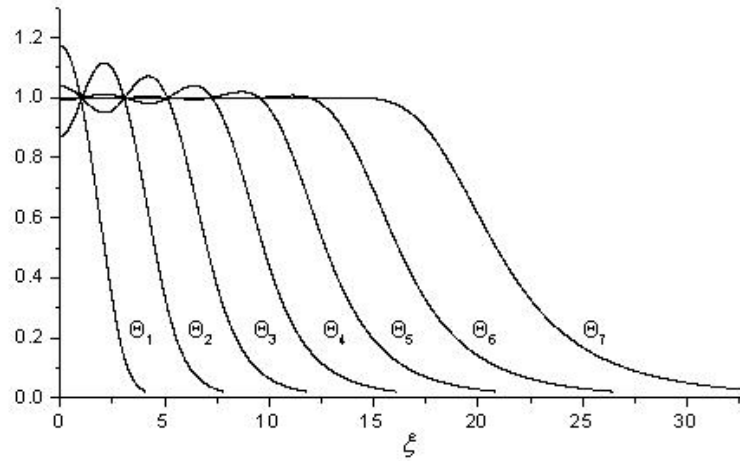


Рис. 1. Спектр Собственных Функций при $\sigma=2$ и $\beta=3.3$,

представляет собой нестационарную диссипативную структуру, все точки которой движутся к центру симметрии, полуширина области горения сокращается, и температура при $t = \tau$ обращается в бесконечность только в одной точке – центре симметрии. Причем, если:

$$\beta < \sigma + 1 + \frac{2}{\nu + 1}, \quad (11)$$

то интеграл $N(t) = \int u(r,t) dr$, где $u(r,t) = g_a(t) * \Theta(\xi)$ расходится в центре симметрии при приближении к моменту обострения. Если выполняется противоположное неравенство, то интеграл в центре сходится. Исходя из первого принципа построения модели, будем считать, что неравенство (11) выполняется. Отметим, что затухающий обычный режим, соответствующий $\tau < 0$, может существовать наряду с LS -режимом с обострением, только когда выполняется противоположное неравенство.

Хотя автомодельное решение в LS -режиме существует на полубесконечном интервале, описываемый им режим, реализуется только в ограниченной области. С помощью теорем сравнения доказана строгая локализация процессов *горения* в этом случае [13]. Бесконечный, близкий к нулю «хвост» автомодельного решения «отрезается». {Надо ли в демографии использовать термин *горение*???

Исследования показали, что автомодельная задача в LS -режиме имеет неединственное решение. Автомодельные решения уравнения (8) описывают определенный набор структур разной сложности, развивающихся **в одном темпе, с одним моментом обострения**. Первая СФ $\Theta_1(\xi)$ имеет единственный экстремум в центре симметрии (при $\xi = 0$). Следующие СФ $\Theta_j(\xi)$ являются немонотонными, с числом j локальных экстремумов, равным их номеру (см. рис.1).

{Это важно: есть только один глобальный демографический переход!!}

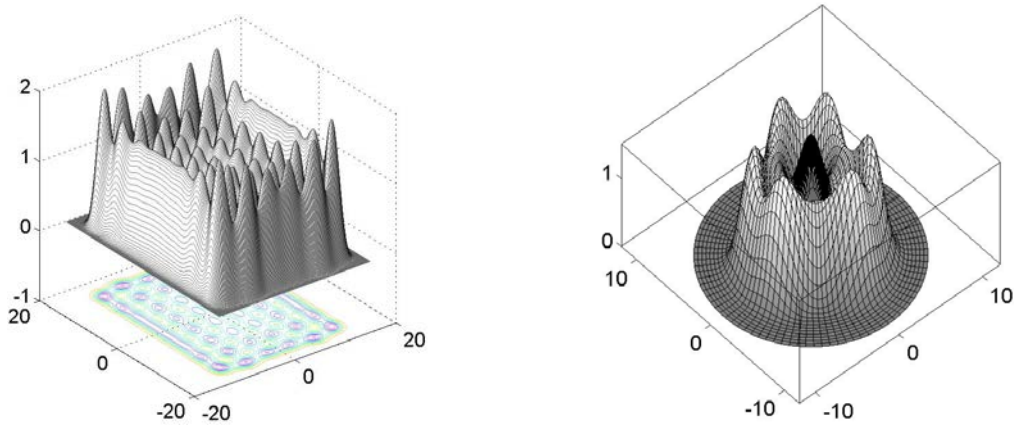


Рис.2

Число Собственных Функций M , которое имеет задача при данных β и σ определяется формулой:

$$M = \begin{cases} [a], & a - \text{нецелое} \\ a - 1, & a - \text{целое} \end{cases}, \text{ где } a = \frac{\beta - 1}{\beta - \sigma - 1}. \quad (12)$$

Из формулы (12) [15] следует, что при $\beta > \beta_2 = 2\sigma + 1$ автомодельная задача имеет единственную СФ $\Theta_1(\xi)$, а при $\beta \rightarrow \sigma + 1$ число СФ стремится к бесконечности.

Проведенные исследования показали, что нелинейное уравнение (4) в двумерном случае тоже допускает существование спектра автомодельных решений [16,17]. Двумерные СФ представляют собой сложные структуры с необычной формой области локализации, объединяющие в себе два, три и более определенным максимумов. Они обладают симметрией и строго порядком в расположении максимумов. В работе [17] проведена классификация всех типов структур построенных к данному времени. На рис. 2 представлена архитектура некоторых двумерных Собственных Функций.

Эволюция начальных возмущений.

Рассмотрим, как развиваются процессы, описываемые уравнением (1), при разных значениях параметров инициированные заданием начальных возмущений. Сначала отметим, что режим с обострением имеет две стадии (см. рис. 3): квазистационарную, в которой рост начального возмущения происходит крайне медленно ($du/dt \ll 1$), и стадию быстрого роста ($du/dt \gg 1$). Условно будем считать, что квазистационарная стадия заканчивается, когда производная достигает значения 1.

Проведенные расчеты показали, что в HS -режиме при $1 < \beta < \sigma + 1$ преобладают процессы диффузии. Достаточно произвольные немонотонные начальные

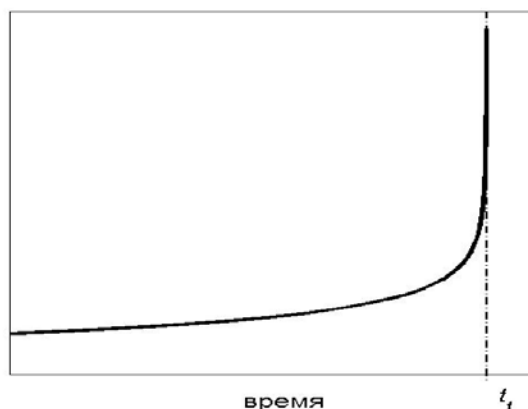


Рис. 3. Режим с обострением

распределения начинают расти и «разглаживаться», в результате формируется расширяющаяся из эпицентра взрывная волна, имеющая один максимум в центре. В S -режиме ($\beta = \sigma + 1$) имеет место явление локализации, и возникают простые неподвижные по пространству структуры. Рассмотрим немонотонное начальное распределение плотности, имеющее несколько максимумов. Если фундаментальные длины отдельных возмущений (максимумов) пересекаются, то происходит достаточно быстрое вырождение в единую простую структуру с одним максимумом. Если начальные возмущения расположены далеко друг от друга, то их развитие происходит независимо, и каждая из них растет в режиме с обострением со своим собственным временем обострения. Сложных структур, объединяющих в себе несколько максимумов, синхронно развивающихся в режиме с обострением, в этом случае не существует.

Рассмотрим теперь процесс роста (почему горение СК?) среды в LS -режиме, инициированный заданием отдельных возмущений температуры в разных областях пространства. С помощью вычислительных экспериментов было установлено, что если фундаментальные длины этих областей не пересекаются, то, как и в S -режиме, процесс горения идет в виде отдельных структур, каждая из которых существует в течение своего времени обострения, зависящего от максимума распределения температуры [13,14]. Если фундаментальные длины пересекаются, то идет перестройка профиля распределения плотности, и процесс вырождается в рост одной структуры, имеющей один максимум. Однако в LS -режиме существуют немонотонные распределения плотности, объединяющие в себе много локальных максимумов, которые демонстрируют длительный согласованный рост в режиме с обострением. Эти сложные распределения описываются СФ автономной задачи. Они обладают метастабильной устойчивостью и разваливаются только перед самым моментом обострения, вырождаясь в простые структуры. Таким образом, в отличие от S -режима в LS -режиме возможно существование неоднородных распределений плотности растущих согласованно.

Выбор режима

Исследование рассмотренных выше типов режимов с обострением показало, что наиболее адекватно описывает глобальную демографическую систему LS – режим. При малых подкритических возмущениях (когда область начального распределения плотности меньше фундаментальной длины) в LS – режиме происходит растекание возмущения до тех пор, пока не будет достигнута фундаментальная длина. При этом общий интеграл $N(t)$, описывающий численность человечества растет по линейному закону. Если С.П.К. потребовалось дополнительно вводить эпоху линейного роста A (см. Таблицу 1), вследствие неприменимости уравнения (1) для описания демографической системы при малых N [4], то в нашей модели эпоха линейного роста A получается автоматически и объясняется наличием начальной стадии расселения человечества по планете.

Кроме того, только в LS – режиме возникают неоднородные распределения плотности, локализованные на разных пространственных участках, которые претендуют на описание городов, стран и империй. Причем в зависимости от конфигурации, они существуют более или менее длительное время. Наблюдается как объединение максимумов в структуру, так и распад сложных структур со временем.

Для определения значений параметров β и σ учтем, что интеграл по пространству от решения должен расходиться по приближению к моменту обострения и расти по гиперболическому закону (2). Считая, что система развивается по автомодельному закону, из соотношений (6), (7) и (11) для цилиндрически-симметричного случая ($\nu=1$) получаем:

$$\sigma+1 < \beta < \sigma+2, \quad 2\beta = \sigma+3 \quad (14)$$

Отсюда следует, что:

$$0 < \sigma < 1. \quad (15)$$

Более точные значения параметров β и σ , а также оценки значений параметров χ_0 и q_0 задачи были получены из анализа поведения системы при наличии флуктуаций. {Как вводится спектр флуктуаций??}

Влияние локальных и глобальных флуктуаций.

Исторические циклы. Устойчивость гиперболического роста.

Человечество на протяжении всей истории своего существования подвергалось как внешним, так и внутренним воздействиям. Резкие изменения климата, землетрясения, ураганы и другие катаклизмы, и, наоборот, внезапно складывающиеся благоприятные климатические условия, – все этого отражалось на численности людей, причем как в ту, так и в иную сторону. Внутренние противоречия, раздиравшие и раздирающие человеческий социум, сейчас не меньше, чем в давние времена, и как следствие этого

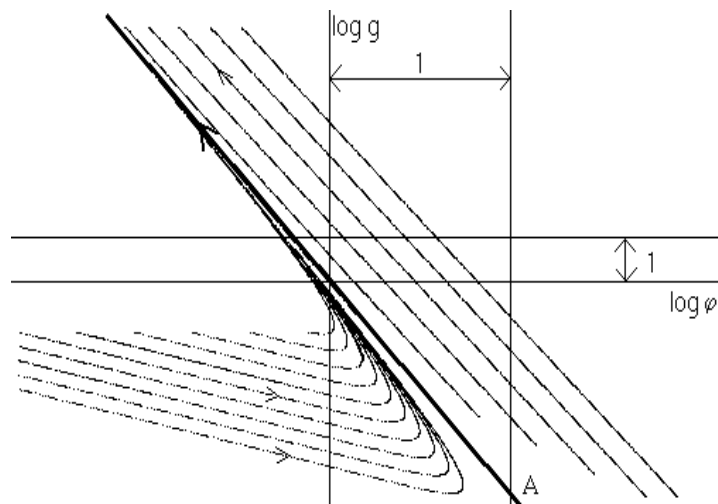


Рис. 4. Фазовый портрет осредненной системы в двойной логарифмической шкале

всплески насилия, возникновение региональных и мировых войн, а также системные кризисы, отражались на изменении скорости роста населения. Но, несмотря на это, человечество демонстрировало устойчивый гиперболический рост (2). Кроме того, наблюдая историю человечества, можно заметить удивительную цикличность в смене главных исторических эпох (см. Таблицу 1). В логарифмической шкале времени все эти эпохи имеют одну и ту же длительность. По некоторым данным начало каждой исторической эпохи сопровождается изменением скорости роста населения и характера его пространственного распределения. Такое поведение мы связываем с системными кризисами, при которых сложившийся социально-экономический уклад жизни начинал сильно отставать от развития производительных сил. В конечном итоге это приводило к качественным, структурным изменениям в социально-экономических отношениях и разрешению кризиса. Смена социально-экономических отношений, в свою очередь, стимулировала ускоренное развитие производительных сил, и оказывало стабилизирующее влияние на динамику эволюции всей системы.

Для исследования устойчивости глобального закона роста (2) и возможности появления в системе циклических режимов развития, были проведены вычислительные эксперименты с введением в исследуемое уравнение (4) и осредненную систему (5) флуктуаций различного типа. Внутренние и внешние воздействия рассматривались в модели как флуктуации, которым подвергается и решение, и коэффициенты уравнения χ_0 и q_0 .

Изучим сначала поведение системы при наличии флуктуаций, действующих на распределение плотности. Рассматривались небольшие флуктуации, амплитуда которых составляла 2 – 3%, максимум 10 % от интеграла $N(t)$. Поведение системы

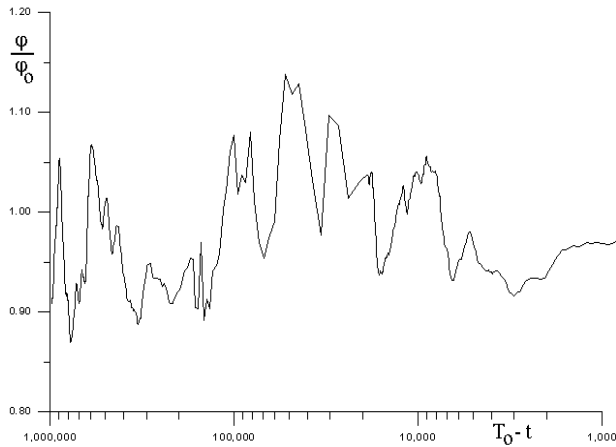


Рис. 5

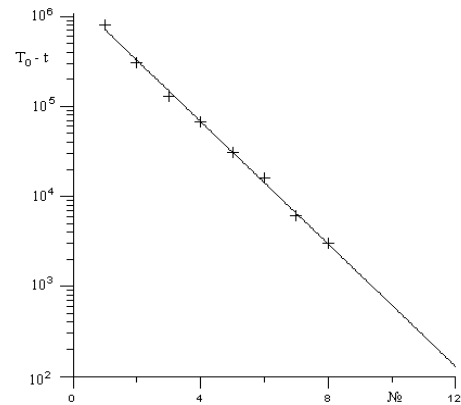


Рис. 6

анализировалось на фазовой плоскости осредненной системы (5), в координатах (полуширина $\varphi(t)$, амплитуда $g(t)$). На рис.4 представлен фазовый портрет осредненной системы для значения параметров: $\sigma = 0.3$, $\beta = 1.7$. Траектория **A**, представляющая собой прямую линию, описывает автомодельное решение уравнения (4), которое также является решением осредненной системы. Из этого графика видно, что все траектории стремятся к автомодельному решению.

Траектории находящиеся слева от прямой **A** описывают режим, в котором сначала амплитуда распределения плотности убывает, а полуширина растет, потом амплитуда растет, а полуширина сокращается, и решение выходит на автомодельный режим. Траектории, находящиеся справа медленно приближаются к прямой **A**, амплитуда и полуширина изменяются по закону близкому к автомодельному. Таким образом, имеется асимметрия во влиянии флуктуаций на эволюцию решений осредненной системы. Только флуктуации, которые сопровождаются заметным уменьшением полуширины или (и) амплитуды, то есть те, что выбивают систему с автомодельного решения **A** влево, приводят к циклам (см. рис. 8).

Аналогично, проведенные расчеты показали, что введение флуктуаций в уравнение с частными производными (4), может привести к циклическим процессам, выражающимся в квазипериодическом изменении режима сжатия и расширения решения. При этом в начале цикла скорость роста интеграла $N(t)$ резко уменьшается по сравнению с автомодельным значением скорости, а затем относительно быстро увеличивается до значений, превышающих докризисные. Такое поведение мы связываем с быстрыми социальными и технологическими изменениями в мировой системе, знаменовавшими переход от одной исторической эпохи к другой. При приближении к моменту обострения наблюдается уменьшение амплитуды этих процессов, а также их периодов. При этом сокращение длительности циклов (при одном и том же уровне флуктуаций) происходит по степенному закону $(T_0 - t)^{-1}$, который имеет место и в демографической системе.

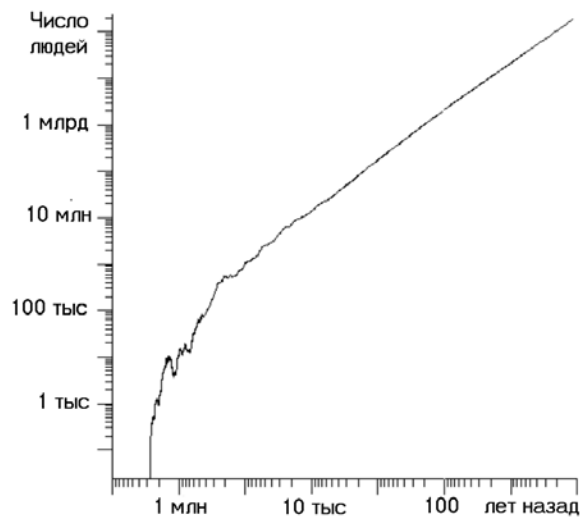


Рис. 7

На рис. 5 показаны осцилляции отношения фазовой переменной $\varphi(t)$, характеризующей полуширину решения системы с флуктуациями к невозмущенному значению $\varphi_0(t)$ в логарифмической шкале времени. Видно, что при изменении времени на 6 порядков период осцилляций остается примерно одинаковым. Особенно хорошо видна эквидистантность минимумов этих осцилляций, представленных крестиками на рис. 6. Таким образом, как и в истории человечества, длительность циклов в логарифмической шкале остается почти неизменной.

Количество циклов, которое получается при введении флуктуаций в осредненную систему и уравнение (4), сопоставлялось с числом известных исторических периодов, которых согласно Таблице 1 насчитывается 11. В численном исследовании было показано, что число циклов сильно зависит от значения параметра σ , и уменьшается с увеличением последнего. Число циклов, равное 11, получается при малых значениях $\sigma \sim 0.1$ (при этом $\beta \approx 1.5$ (14)) {Сохраняется ли связь $11 = \text{Ln}K$?}.

Численные расчеты также подтвердили, что гиперболический закон роста обладает удивительной устойчивостью. Несмотря на наличие флуктуаций и существование циклов общее число людей растет по закону (2), который в логарифмической шкале представляет собой прямую линию. На рис. 7 представлен график роста численности народонаселения Земли в двойном логарифмическом масштабе, полученный для модели с флуктуациями. Мы видим, что на ранних стадиях становления человеческого общества, несмотря на заметные флуктуации, наблюдается выход общего числа людей $N(t)$ на автомодельный закон роста (2). В последствие этот закон роста устойчиво держится, и флуктуации играют все меньшую и меньшую роль.

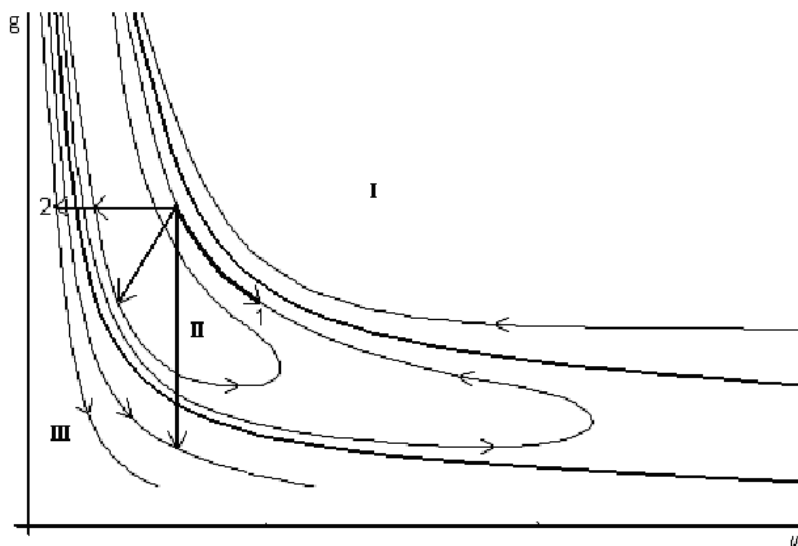


Рис.8

Рассмотрим, теперь к чему приводят изменения коэффициентов χ_0 и q_0 в уравнении (4) – двух системных констант, в которых аккумулированы многие свойства демографической системы. Мы предполагаем, что в процессе эволюции их значения и флуктуировали, и заметно изменялись при смене социально-экономических отношений в обществе.

Средние значения параметров χ_0 и q_0 определялись из двух соотношений: из гиперболического закона роста (2) интеграла $N(t)$ от автомодельного решения, и из предположения, что фундаментальная длина в LS -режиме для демографической системы по порядку величины соответствует размерам Земного шара ($\sim 10^4$ км). Тогда получается, что значения χ_0 и q_0 имеют порядки 10^4 и 10^{-6} соответственно.

Анализируя уравнение (4), можно показать, что изменение коэффициентов χ_0 и q_0 эквивалентно преобразованию масштабов времени и пространственной переменной, а при неизменных масштабах – преобразованию растяжения или с решения. Так, изменение коэффициента q_0 приводит к перемещению на фазовой плоскости (см. рис. 8) параллельно автомодельным фазовым кривым (стрелка 1), а изменение коэффициента χ_0 – к “сдвигу” решения по фазовой плоскости параллельно оси φ (стрелка 2). Таким образом, изменяя χ_0 и q_0 можно переместить решение в любую область фазовой плоскости. Вблизи момента обострения, где траектории плотно подходят друг к другу, даже небольшая флуктуация может перебросить решение на убывающий участок фазовой кривой и привести к циклу (см. область II).

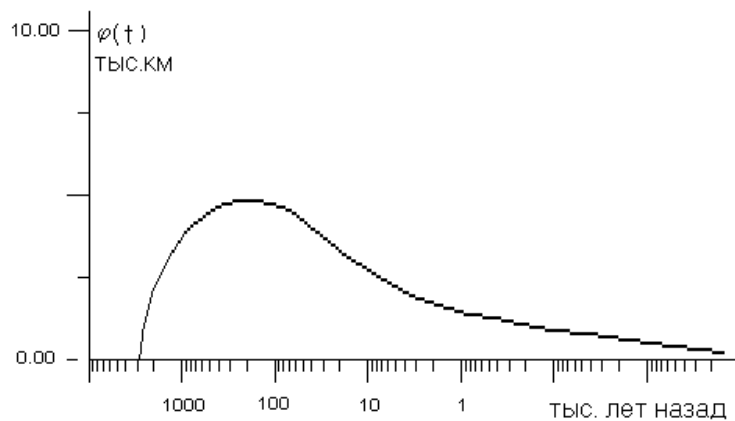


Рис. 9

Выводы

В заключение этого раздела приведем сглаженную зависимость полуширины плотности распределения $\varphi(t)$ от времени (см. рис. 9 для $\sigma = 0.2$, $\beta = 1.6$, $D = 0.003$). Мы видим, что сначала $\varphi(t)$ растет, а затем уменьшается. Максимум в районе 100 тыс. лет назад соответствует заселению человечеством большей части Земного шара. Дальнейшее уменьшение функции $\varphi(t)$ связано с сокращением характерного размера структур, которые формируются в LS -режиме после выхода на автомодельный режим. С этого времени начинается образование структур с меньшей областью локализации, то есть формирование стран, городов и т.д. Значение $\varphi(t)$ также отражает характерный размер области влияния локального максимума: при наличии других максимумов в этой области они могут либо объединиться в структуру, либо поглотиться одним из самых больших максимумов.

Подытоживая эти исследования, можно сделать следующие выводы. Изменение значения q_0 качественно не меняет поведения решений. При уменьшении q_0 изображающая точка «сдвигается» по фазовой плоскости в сторону увеличения φ (стрелка 1), фактически это означает просто удаление от момента обострения. Увеличение q_0 , понятно, приводит к приближению момента обострения. Изменение параметра χ_0 , напротив, оказывает существенное влияние на дальнейшую эволюцию фазовых траекторий. Увеличение χ_0 означает сдвиг решения в сторону оси g . Достаточно сильное увеличение χ_0 может перевести решение на убывающую часть фазовой траектории (стрелка 2). Это означает, что усиление диссипативных процессов ведет к замедлению развития структуры, вплоть до остановки роста и даже снижения максимума структуры. Таким образом, исторические циклы, начинающиеся и заканчивающиеся изменением эпох, как раз связаны с изменением системных констант χ_0 и q_0 . {Это не убедительно: ведь то что нужно просто задается??}

Особенности динамического развития человеческого сообщества в разные исторические периоды

I. Период освоения человеком Земли и развития подкритического возмущения

Математическая модель (1), разработанная С.П. Капицей, имеет, как отмечает он сам, границы применимости и испытывает трудности в объяснении начала процесса гиперболического роста и его конца, момента обострения – 2025 года [4]. Он вводит эпоху линейного роста A , описывающую эволюцию численности зародившегося человечества. Рассматриваемая распределенная модель (4) позволяет отказаться от переходной эпохи A , вводимой С.П.К.. В модели (4) эпоха линейного роста A , получается автоматически и соответствует начальному этапу развития подкритического возмущения, то есть возмущения, локализованного в области меньшей по размеру, чем фундаментальная длина.

Возникновение человечества мы связываем с зарождением качественно новых социальных отношений у предков человека, по сравнению с другими стайными хищниками. В модели это отражается в появлении нелинейного источника с маленьким положительным коэффициентом q_0 ($q_0 u^\beta$, $\beta > 1$). Незначительный скачок значения q_0 с нуля до $q_0 \sim 10^{-6}$ отражает преимущество новой общности и приводит к ее развитию, увеличению численности и расселению по всей планете; и далее через миллион лет к росту в режиме с обострением, и в конечном итоге к демографическому взрыву.

Растекание начального распределения плотности происходит в модели за счет сильного преобладания диффузионных процессов над процессами роста. В самом начале локальный максимум распределения плотности даже немного уменьшается, а общая численность человеческой популяции растет по линейному закону. Дальнейшее растекание начального возмущения сопровождается крайне медленным ростом интеграла, который можно считать уже гиперболическим (2). Этой стадии развития процессов в нашей математической модели соответствует эпоха доклассового общества в истории человечества, – эпоха охотников и собирателей. Она охватывает почти весь Каменный Век вплоть до эпохи Неолита. Для нее характерна низкая плотность населения и общинная родовая организация человеческого общества. Человек полностью зависел от природы и мало чем отличался от других стайных хищников, разве что умением добывать огонь и использовать примитивные орудия труда. Численность его популяции во многом еще определялась внешними условиями и вследствие этого была подвержена сильным флуктуациям. Ведя жесткую конкурентную борьбу за выживание, человек занимался поисками все новых и новых районов, богатых пищей и свободных от хищников, и заселял планету.

È ÷ àiò ióñòùá ñēīāà. xáíò ðááíà ÷ ēñēáíññòù íà ïñíáìò íáíēèòà?
Ãááá ááī áàòà? Ãááá áùááēáíññòù (ñēà÷íē ñēíðñòè ðññòà)
íáðáíē ááííáðàòè÷áññēíē ðááíēpòèè?

Уже на этой стадии развития человечества проявились все характерные системные явления: информационный характер демографической системы, сжатие исторического времени, квазипериодичность длительности исторических эпох, медленный системный рост. Таким образом, человечество с момента своего возникновения являлось единой системой. Его развитие происходило удивительно самоподобно и синхронно для таких огромных пространственных масштабов и при низкой плотности населения. Однако все системные процессы заметны лишь на огромных временах в десятки и сотни тысяч лет и «скрыты» за большими по величине флуктуациями.

Человечество демонстрирует большую устойчивость по отношению к флуктуациям на этой квазистационарной стадии развития. Общинно-родовой строй, отсутствие классов и государств, сильная зависимость от прихотей природы связывают воедино человеческое общество. В модели устойчивость и гладкость пространственного профиля распределения плотности обеспечивается сильным преобладанием диффузионных процессов, а наличие положительной нелинейной обратной связи в источнике, согласованной с диффузией, является причиной системных явлений.

II. Начало режима с обострением.

«Неолитическая революция» или первый системный фазовый переход.

Постепенно происходит выход подкритического возмущения на автомодельный режим (7): заканчивается стадия растекания и перестройки пространственного распределения плотности в соответствии с автомодельным профилем. Установление автомодельного решения (7), для которого характерно сокращение полуширины области распределения и опережающий рост плотности в центре структуры, соответствует фазовому переходу в глобальной системе человечества. Действительно, в неолите резко изменилась ситуация: первобытный человек приручил животных и научился возделывать культурные растения, тем самым превратившись из охотника и собирателя в скотовода и земледельца, которые стали вести более оседлый образ жизни. Освоение основных пространств Земли закончилось. Развитие скотоводства и земледелия привели к появлению излишков продуктов и меньшей зависимости людей от капризов природы. Резко увеличилась плотность населения в местах благоприятных для проживания. Усилилась конкурентная борьба между племенами за территорию. Племена уже перестали свободно кочевать, возникли границы, начались войны всех против всех. В общественном устройстве произошли существенные сдвиги: общество расколосось на классы и сословия, появились феодалы, крестьяне, воины и др. Образовались княжества, графства, государства, и империи.

Начальный период развития режима с обострением в модели охватывает несколько эпох в истории человечества, от неолита до эпохи средних веков, до появления капиталистического общества. {Почему неолит посередине истории????}



С момента выхода на автомобильный режим начинается усиление влияния флуктуаций на функцию распределения плотности и неустойчивость развития постоянно возрастает. Флуктуации плотности приводят к появлению областей с повышенной концентрацией, которые начинают расти быстрее, сильно опережая окружающие территории, поскольку момент обострения у них меньше. Формируются структуры, которые на порядки опережают в развитии другие структуры. Пространственная неоднородность распределения плотности усиливается. На раннем этапе развития режима с обострением характерные размеры отдельных структур остаются еще достаточно большими, так что происходит пересечение фундаментальных длин соседних структур. Начинаются процессы «конкуренции» структур, объединения и поглощения. Большие структуры поглощают меньшие, если те находятся достаточно близко. Несколько структур, находящихся в правильной пространственной конфигурации, формируют единую метастабильно устойчивую сложную структуру – империю. Объединение приводит к увеличению числа людей, участвующих в общем социально-экономическом процессе, а это в свою очередь ведет к ускорению развития. В модели это соответствует перестройке профиля, ведущей к уменьшению момента обострения и увеличению скорости роста.

На начальной стадии становления сложной структуры важна ее топологически правильная организация, описываемая одной из СФ [18,19]. В связи с возрастанием неустойчивости и не точным резонансным возбуждением, быстрый рост структуры приводит к ее распаду. Распад быстро растущей структуры, имеющей меньший характерный размер, сопровождается поглощением ее меньшими «более отсталыми» окружающими структурами, у которых область влияния шире (например, захват Рима вестготами в V веке или завоевание монголами Средней Азии, России и Восточной Европы). История свидетельствует о том, что мировые империи, максимально разрастаясь и укрепляясь, в конце концов распадались и иногда полностью бесследно исчезали. Устойчивое развитие могло сохраняться достаточно долго, только в случае, когда моря, горы или пустыни закрывали государство от набегов. Примером могут служить Египет или Китай эпохи древних династий.

В целом, докапиталистическое классовое общество внешне было очень изменчивым (перекраивались государства и их границы), но по существу – очень стабильным и сильно связанным миграционными, экономическими и информационными потоками. Но из-за медленного течения исторического времени, это было не так сильно заметно, как в более поздние времена.

III. Период ускоренного роста.

Капиталистическая фаза развития общества до демографического перехода.

Развитая стадия режима с обострением сопровождается быстрым сокращением пространственных и временных масштабов и сильной неустойчивостью.

В начале этой эпохи происходит образование мануфактур и рождение нового класса – буржуазии. Крестьяне начинают превращаться в рабочих и тянуться в города. Наблюдается рост городов. В странах Европы XIX века начинается интенсивный экономический рост, превращение государств из сельскохозяйственных в промышленные, доля аграрного сектора в экономике стремительно сокращается.

В целом, в капиталистическую эпоху по сравнению с феодальной характерные размеры структур расселения уменьшаются, а скорость развития увеличивается. Средневековые империи, покрывающие большие территории (с главным максимумом плотности населения в центре империи и слабо выраженными максимумами в колониальных центрах), сменяются имперскими государствами гораздо меньшими по площади, пытающимися присоединить к себе соседние государства. Они образуют некую сложную квазиустойчивую структуру с сильно немонотонным распределением плотности от центра к краям структуры.

Сильная неустойчивость приводит к быстрому росту любых неоднородностей распределения населения. Некоторые города, поглотив окрестности, превращаются в мегаполисы. Уровень развития различных государств различается все сильнее, они начинают развиваться в своем собственном «темпомире» (со своим моментом обострения) – нарушается демографическое единство человечества. Несогласованность, неравномерность развития отдельных регионов внутри одной страны (империи) может привести к ее распаду. Относительно длительное метастабильно устойчивое существование и развитие возможны только в случае правильной симметричной организации сложной структуры. Слишком быстрое развитие какой-либо одной части структуры может привести к тому, что она отрывается в иной, более быстрый темпомир, а ее прежние фрагменты остаются слабым, едва различимым фоном. Аналогичный вывод можно сделать и в отношении слабых частей единой коэволюционирующей структуры. Они могут потерять связь с целым, выпасть в иной, медленно живущий темпомир [18,19]. Примером могут служить так называемые изоляты современного мира, находящиеся на неолитической и даже палеолитической стадии развития [4, с.111].

В капиталистическое время войны – это следствие общей неустойчивости роста и сокращения эффективных областей влияния, приводящей к распаду сложных структур, переходу более слаборазвитых регионов из области влияния одной мощной структуры в область влияния другой. Особенно сильно это проявляется в XX веке, с началом демографического перехода. Если феодальное государство было направлено вовне: на расширение империи, на конкуренцию с другими империями за ресурсы, на поддержание связей с другими со структурами-вассалами, то капиталистическое государство направлено в большей степени вовнутрь. Внутренняя неустойчивость требует большого внимания за состоянием внутренних дел. По мере приближения к

демографическому фазовому переходу военные функции государств замещаются все в большей степени полицейскими функциями и активностью спецслужб.

В целом развитие современного мира по мере приближения к критической дате становится все более неустойчивым, что подтверждается расчетами по нашей модели. Сокращение пространственных и временных масштабов приводит к быстрому росту малых возмущений; в результате сложные структуры распадаются. С этой точки зрения распад современных империй (например, распад СССР или Югославии (СФРЮ)) выглядит вполне закономерным, и может быть описан в терминах развития неустойчивости эволюции вблизи момента обострения. Область влияния центров простых структур сокращается, и в XX веке достигает размеров в сотни километров. Более сложные по внутренней структуре образования могут охватывать расстояния в тысячи километров, однако область влияния центров при приближении к моменту обострения имеет тенденцию к быстрому сокращению. В результате вся структура начинает «сжиматься в направлении центра, однако некоторые ее части не могут по определенным геополитическим или географическим причинам перемещаться (либо вследствие флуктуаций «выпадают» из единого темпа роста и развития сложной структуры). Такие регионы начинают развиваться самостоятельно или включаются как составная часть в другую близлежащую структуру. Так произошло и с республиками бывшего СССР. Среднеазиатские республики, республики Кавказского региона «выделились» в самостоятельные демографические и геополитические образования, что привело к их некоторому отставанию. Республики Балтии, напротив, окончательно выпали из сферы влияния России, но активно включились в совместное развитие со странами Европейского Союза, что привело к сохранению, и даже увеличению скорости их развития. {Надо ли в очень глубокой мат. работе давать это?}

IV. Завершение эпохи роста.

Демографический переход или второй системный фазовый переход.

В рамках представленной здесь распределенной модели происходящий ныне в мировом сообществе демографический переход описывается как перемещение системы в начало нового цикла эволюции. Это связано с сильным изменением параметров λ_0 и q_0 , отражающих смену социально-экономических отношений, произошедших в обществе в прошлом веке. Действительно в XX веке в развитых странах на смену капитализма пришел пост-капитализм с более выраженными демократическими ценностями и социально ориентированной экономикой, возникли страны, провозгласившие целью построение бесклассового гармонично развитого общества, минуя стадию высоко развитого капитализма. В мировой системе возникло понимание того, что экстенсивный путь развития обречен и необходимо, как можно скорее перейти на интенсивный, инновационный путь развития, который

предполагает использование высоких технологий и бережное отношение к природе, ее ресурсам и Человеку. В модели этот переход характеризуется замедлением роста и преобладанием диссипативных процессов, выравнивающих уровень развития и плотность расселения в различных регионах мира. В отдельных странах численность населения может даже вначале падать, если соответствующая ей система в результате бифуркации попала на убывающий участок фазовой траектории.

Причина демографического перехода по нашему мнению связана не с ограничением ресурсов, как у Томаса Мальтуса, не с насыщением жизнеспасающих технологий, как у А.В.Подлазова и не с физиологическим ограничением скорости рождаемости и увеличившимся периодом взросления человека, как у С.П. К. (во всем этом еще есть ресурсы), а с социально-экономическим экстенсивным развитием общества, приведшим: 1) к отрыву женщины от семьи и вовлечению ее наравне с мужчинами в общественно-экономическую жизнь общества, 2) к сексуальной революции и разрыву функции деторождения с сексуальными отношениями. Впервые в истории человечества социальная эволюция, которую двигала растущая численность населения, привела к **необратимому** резкому снижению рождаемости, которое эту эволюцию и останавливает. Произошла бифуркация или второй системный фазовый переход. Начавшийся новый цикл в модели, соответствующий демографическому переходу, впервые не будет пройден, а это означает **завершение смены эпох и социального развития общества в прежнем понимании.**

íèèàèèò ìðíâîçîâ íàò è ìðíââðèèù ýòò "ãëóáíéòð ìàòâàòèè÷âñéòð ðàáíòò" íâîçîìæíí.

V. Что нас ждет завтра и через 50 – 100 – 200 лет?

Переходный период грозит нам возникновением ряда новых кризисов, связанных с перестройкой структуры демографической системы и социальных отношений. Переход общества от экстенсивного роста к интенсивному развитию означает смену приоритетов развития и ценностей, главной из которых становится сам Человек. Он чреват многочисленными конфликтами: социально-политическими, психологическими и культурными. Тогда как многие развитые страны уже миновали пик демографического перехода, и перешли на новый квазистационарный режим, область влияния их еще мала и не охватывает развивающиеся страны, в которых продолжается сверхбыстрый рост. Мощно развивающийся Китай, с населением превышающим миллиард, выходит в лидирующую мировую державу потому – что может себе еще позволить экстенсивное использование людских ресурсов с внедрением интенсивных инновационных технологий, которые он получает из глобальной мировой системы. Подходит к демографическому взрыву и многонациональная Индия (население которой недавно перевалило за миллиард), и, как следствие этого, ускоряется ее социально-экономическое развитие, и усиливаются внутренние противоречия. Будут ли эти гиганты считаться с «лилипутами» –

нынешними мировыми лидерами!? Резкая диспропорция в скорости прироста населения может привести к тому, что все попытки расширения сфер влияния нынешних развитых стран разобьются о волну демографического взрыва, которая начнет свое распространение после завершения демографического перехода в азиатских странах (Китае, Индии и др.) и поглотит европейскую цивилизацию.

Осуществится ли постепенный переход человечества (страна за страной) с экстенсивной формы развития на интенсивную? Приведет ли начавшееся преобладание выравнивающих тенденций в современном мире к сотрудничеству и взаимному уважению между различными субъектами мировой системы взамен конкуренции и борьбы за существование и за передел мира? Сменится ли многополюсный мир, раздираемый конфликтами и противоречиями, на мир единый, уважающий и культивирующий разнообразие частей?! Какие же из описанных тенденций победят в современном столь сложном неоднородном, неравномерно развитом и неустойчивом мире? Хочется верить, что, как и в упрощенной модели, диссипативная составляющая приводит систему к устойчивому стационару, так и в реальном мире постепенно, без крупных конфликтов и войн завершится демографический переход, численность населения стабилизируется, и начнется новая эра в истории человечества.

Стабильность, устойчивость, медленное течение времени, гармоничное развитие общества – вот главные характеристики новой эры. Главный параметр порядка – численность населения Земли, - которая на протяжении более миллиона лет росла по гиперболическому закону, утрачивает ныне свою роль, а вместе с ней и принцип демографического императива уходит в прошлое.

Так что же будет двигателем социально-экономического прогресса в будущем? По-видимому, **идея сохранения цивилизации**, в условиях осознания неизбежной и скорой исчерпаемости земных ресурсов станет стержнем **новой ментальности и новой этики** зарождающейся эры в истории человечества.

«У нас нет ключей, которые бы открыли двери к лучшему будущему. Мы не знаем, куда направлен путь. Как говорил Антонио Мачадо, дорога прокладывается по мере продвижения по ней. Но мы можем определить наши конечные цели: продолжение очеловечивания человека в процессе гуманизации, через приобщение к земному гражданству в интересах планетарно организованного мирового сообщества» [19] – эти слова французского социолога и философа Эдгара Морена, отстаивающего необходимость перехода к новой планетарной антропо-этике взаимного понимания и толерантности, попадают в унисон к нашему выводу. Возрастающая сложность структур и формований мира чрезвычайно хрупка и зиждется в конечном счете на малом, на том, что происходит с каждым человеком, с каждой семьей, с каждым регионом мира. Лишь те люди, народы, этносы, страны будут иметь будущее, которые научатся жить вместе, то есть синергетически срастаться, коэволюционировать.

Литература

1. *Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов.* Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. СПб.: Алетейя, 2002.
2. *Г. Хакен.* Самоорганизующееся общество. // Будущее России в зеркале синергетики. М.: КомКнига/URSS, 2006.
3. *С.Ю. Малков.* Математическое моделирование исторических процессов // Новое в синергетике: Взгляд в третье тысячелетие. М.: Наука, 2002.
4. *С.П. Капица.* Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. Опыт теории человечества. М.: Международная программа образования, 1999.
5. *А.В. Подлазов.* «Теоретическая демография. Модели роста народонаселения и глобального демографического перехода» // Новое в синергетике: Взгляд в третье тысячелетие. – М.: Наука, 2002.
6. *А.С. Малков, А.В. Коротаев, Д.А. Халтурина* «Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования» // Новое в синергетике: Новая реальность, новые проблемы, новое поколение. Часть I. М., Радиотехника, 2006.
7. *С.П. Капица.* Демографическая революция, глобальная безопасность и будущее человечества // Будущее России в зеркале синергетики. М.: КомКнига, 2006. С.238-254.
8. *В.А. Белавин, С.П. Капица, С.П. Курдюмов* Математическая модель демографических процессов с учетом пространственного распределения // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1998. Т.38. №6.– С.885-902.
9. *В.А. Белавин, С.П. Курдюмов.* Режимы с обострением в демографической системе. Сценарий усиления нелинейности // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2000. Т.40. №2.– С. 238-251.)
10. *В.А. Белавин.* Синергетика и развитие человечества. // Сб. Глобализация. Синергетический подход. М.: Изд-во РАГС, 2002. С. 60-69.
11. *Foerster, H. von, P. Mora and Amiot L.* “Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026.”// Science 132: 1291-5, 1960.
12. *И.М. Савельева, А.В. Полетаев.* История и время. В поисках утраченного. М.: Языки русской культуры, 1997.
13. *А.А. Самарский, В.А. Галактионов, С.П. Курдюмов, А.П. Михайлов.* Режимы с обострением в задачах для квазилинейных параболических уравнений. М.: Наука, 1987.
14. Режимы с обострением. Эволюция идеи. Законы коэволюции сложных структур. М.: Наука, 1998.
15. *С.П. Курдюмов, Е.С. Куркина* Спектр собственных функций автомодельной задачи для нелинейного уравнения теплопроводности с источником // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2004. Т. 44. № 9. С. 1619-1637.
16. *Куркина Е.С.* Двумерные и трехмерные тепловые структуры в среде с нелинейной теплопроводностью // Прикладная математика и информатика. №17. М.: Изд-во факультета ВМиК МГУ, 2004. С.84 - 112.
17. *Куркина Е.С., Никольский И.М.* Бифуркационный анализ спектра двумерных тепловых структур, развивающихся в режиме с обострением // Прик. матем. и информат. М.: Изд-во МГУ, 2005. № 22. С. 30-45.
18. *Курдюмов С.П., Князева Е.Н.* Квантовые правила нелинейного синтеза коэволюционирующих структур // Философия, наука, цивилизация. Москва: Эдиториал Урсс, 1999. С.222-230.
19. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Синергетика: нелинейность времени ландшафты коэволюции. М.: КомКнига, 2007.
20. *Морен Э.* Образование в будущем: семь неотложных задач. Перев. с франц. Е.Н.Князевой. // Синергетическая парадигма. Выпуск 5. М.: Прогресс-Традиция, 2006.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 04-06-80254 и № 05-01-00852).

