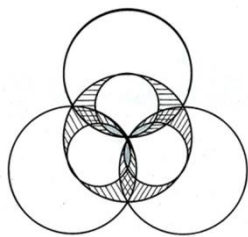


УДК 517.946:536.24



ЦИКЛИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ МИР-СИСТЕМЫ

Куркина Е.С. (д.физ.-мат.н., в.н.с.) ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, РФ; e-mail: *e.kurkina@rambler.ru*

Князева Е.Н. (д.филос.н., проф.) Факультет философии НИУ ВШЭ, Москва, РФ; e-mail: *helena_knyazeva@mail.ru*

Куретова Е.Д. (к.физ.-мат.н., м.н.с.) ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, РФ; e-mail: *ekaterina.kuretova@gmail.com*

Аннотация. В статье исследуется глобальная эволюция мирового сообщества как единой самоорганизующейся и саморазвивающейся системы (Мир-Системы) и выявляются основные характеристики и закономерности этой эволюции. При этом внимание фокусируется на рассмотрении цикличности эволюции, периодизации глобальной истории человечества, росте сложности и рождении технологических, социальных и культурных инноваций в результате прохождения кризисов. Исследование строится как междисциплинарное и опирается на результаты математического моделирования. Подробно анализируются модели И.М. Дьюконова, С.П. Капицы, М. Кремера и С.П. Курдюмова, а также модель макроэволюции Мир-Системы Л.Е. Гринина, А.В. Коротаева, С.Ю. Малкова. Эволюция мирового сообщества рассматривается как этап универсального (глобального) эволюционного процесса, начавшегося с Большого взрыва и приведшего к возникновению жизни и появлению человека. Развитие Мир-Системы в режиме с обострением приводит к сильнейшему расслоению общества, к усилению неустойчивости и неравномерности развития стран и территорий, к распаду сложных геополитических структур, к угрозе коллапса цивилизации. В качестве позитивной альтернативы в статье обрисовываются возможности управления будущим и выбора благоприятного пути развития человечества, основанного на понимании принципов коэволюции природы и человечества и коэволюции сложных геополитических структур мира.

Ключевые слова: глобализация, коэволюция, Мир-Система, модель эволюции С.П. Курдюмова, режим с обострением, самоорганизация, синергетика, сложность, сложная система, универсальный эволюционизм, циклы истории.

1. ГЛОБАЛЬНЫЙ СИСТЕМНЫЙ КРИЗИС И ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ БУДУЩИМ

В 2009 году мировое сообщество потряс очередной глобальный экономический кризис, который мировая система пока никак не может преодолеть. Он задел в той или иной степени все государства без исключения, и хотя был предсказан Н.Д. Кондратьевым еще в 1928 году, никто не смог помешать ему осуществиться, несмотря на заверения некоторых экономистов, что закон цикличности теряет силу. Непокойно не только в экономике, недавно прокатилась волна революций и переворотов в развивающихся мусульманских странах. И сейчас волнения не утихают, в очередной раз бурлит Каир, в Сирии идет полномасштабная война правительственных войск с боевиками и вооруженными отрядами оппозиции. А в развитых странах после 11

сентября 2001 года террористам удалось провести несколько значимых террористических актов.

Многие аналитики говорят о возрастании мировой напряженности, о возрастании рисков соскальзывания на катастрофические сценарии развертывания исторических событий. Неустойчивость глобального развития человеческого сообщества усиливается, причем это происходит на фоне резкого увеличения темпов исторических изменений. Мир, особенно на протяжении XX века, претерпел сильные изменения и продолжает стремительно меняться. Со всей остротой встали глобальные проблемы, и человечество в целом вошло ныне в зону сильнейшего *глобального системного кризиса*, который грозит обернуться каскадом катастроф невиданного масштаба. Необходимо искать новые структуры и формы мирового устройства для разрешения кризисов и конфликтов. Кризис усугубляют угрозы, связанные с изменением климата, участвовавшие разрушительные торнадо, сильнейшие дожди, засуха, сейсмическая активность и др.

Набирающая темпы глобальная неустойчивость может привести к глобальной катастрофе – гибели всей нашей цивилизации, подобно тому, как гибли раньше отдельные древние цивилизации. Чтобы этого не случилось необходимо научиться оказывать влияние на ход истории и по возможности направлять развитие в желаемое русло. *Управление будущим* стало научной проблемой. Будущее надо конструировать, тщательно просчитывая и моделируя его варианты. Время волевых решений прошло! Без разработки глобальной стратегии невозможно предотвратить военные конфликты мирового масштаба, остановить международный терроризм, эффективно противостоять внешним угрозам, связанным с изменением климата, сейсмической активностью Земли, угрозами из космоса и т.д., невозможно обеспечить устойчивое развитие общества в экономическом и политическом аспектах.

Однако для понимания того момента, который переживает мировое сообщество сегодня, для выработки глобальной стратегии дальнейшего развития, необходимо исследование закономерностей эволюции человечества на протяжении всей его истории, выявление векторов его развития в прошлом и настоящем.

2. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЭВОЛЮЦИОНИЗМ. ГЛОБАЛЬНЫЙ И СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ИСТОРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Многие ученые, начиная с древних философов, ставили своей целью выявление общих закономерностей исторического развития общества, скрытых за сложным сплетением исторических событий. Однако многогранность и архисложность человеческого бытия в социуме, взаимосвязь и взаимозависимость экономических, политических, социальных и просто случайных процессов на уровне индивидов и социальных групп, влияние ценностей и идеологий являются основанием для неоднозначного толкования истории, разногласий в оценке настоящей исторической ситуации, существования как пессимистичных, так и оптимистичных взглядов на будущее человечества. Кроме того, уникальность и необязательность конкретных исторических событий и поворотов в истории вообще ставят под сомнение возможность рассмотрения истории как длительного закономерного макропроцесса.

В XIX веке Гегель создал всеобъемлющую диалектическую систему, охватывающую и человеческую историю. Он утверждал, что ход истории определяется объективной логикой развития мирового духа, не зависит от воли индивидов. С именами философов-позитивистов первой волны О. Конта и Г. Спенсера связано возникновение в первой половине XX века глобального и системного видения развития человечества, и первых подходов к социальному прогнозированию (исследованию будущего). Именно они впервые стали говорить о необходимости выявления мегатрендов социальных изменений, или глубинных русел хода истории.

В середине прошлого века в исторической науке зародился системный подход к исследованию исторических процессов. Он связан, в первую очередь, с именами таких историков и социологов, как Ф. Бродель, А. Франк, И. Валлерстайн, ныне он продолжает развиваться в работах С.И. Гринина, А.В. Коротаева, С.Ю. Малкова, А.П. Назаретяна и др. [8-11; 30; 31]. История представляется не как совокупность историй отдельных народов и государств, а как необратимая социальная эволюция мирового сообщества, связанная, прежде всего, с появлением крупнейших инноваций, оказавших влияние на ход исторического процесса в целом, и со структурными трансформациями *единой Мир-Системы*.

Изучение глобального развития общества лежит в русле универсального системного видения природы и общества, которое сложилось в 60-х годах XX в., и вылилось в формирование мощного междисциплинарного движения – *синергетики, или теории сложных систем*. Синергетика – это наука, которая, опираясь на результаты математического моделирования, исследует закономерности эволюции и самоорганизации в открытых нелинейных системах. Ее становление и развитие связано с именами А.Тьюринга, И. Пригожина [32-33], Г. Хакена [38-39], С.П. Курдюмова [25; 34] и других ученых.

Синергетика использует парадигму универсального (или глобального) эволюционизма. Она принимает в качестве основы положение, что окружающий нас мир – это самоорганизующаяся и саморазвивающаяся сложная система, состоящая из не менее сложных самоорганизующихся и саморазвивающихся и взаимосвязанных подсистем. С позиции синергетики человеческое общество представляет собой одну из самых сложных саморазвивающихся систем.

Универсальный эволюционизм рассматривает эволюцию как непрерывный во времени единый процесс, который стартовал в результате Большого Взрыва и привел к формированию Вселенной, возникновению жизни и появлению человека. Космическая, химическая, биологическая и социально-экономическая макроэволюции являются результатом процесса самоорганизации материи, имеют генетическую и структурную преемственность и подчиняются единым законам развития [20; 41]. Вектор развития направлен в сторону усложнения. Ядерная эволюция привела к образованию всех элементов таблицы Менделеева, в результате химической эволюции были синтезированы простые и сложные молекулы. Химическая эволюция завершилась образованием сложных органических веществ типа глицина и далее аминокислот, которые дали старт биологической эволюции на Земле. Биологическая эволюция началась с простейших живых безъядерных клеток – прокариот, а закончилась

появлением Человека Разумного – сложнейшего биологического вида с развитым интеллектом, способным к познанию Вселенной. Человечество стало создавать свою собственную антропогенную среду независимую от природы, началась социально-экономическая эволюция общества, которая продолжается и сейчас. Сегодня мы стоим на пороге нового витка эволюции, который определяет облик нашего общества, в котором научно-технический прогресс привел к мощному развитию нано-, био-, инфо- и когнитивных технологий, к достижениям геномной инженерии.

Парадигма универсального эволюционизма включает представление о познаваемости нашего мира, который существует независимо от человека, но отражает его присутствие в мире и креативные возможности его сознания. Мир познаваем, поскольку человек сам является эволюционным продуктом этого мира. Существует фундаментальное сродство человека и мира, что было подмечено еще И.В. Гёте: «Природа принадлежит сама себе, существо – существу. Человек принадлежит природе, а она – человеку» [7, с. 218].

К настоящему времени накоплен огромный материал по исследованию динамики сложных систем, изучению общих закономерностей и отдельных характеристик, выявлению сходств и различий эволюционных процессов на разных уровнях организации мира. Обобщая его, отбирая самые важные факты, *опираясь на свой опыт исследования сложных систем*, мы выделили следующие основные законы эволюции сложных систем:

- 1) Вся структурная и функциональная сложность возникает в ходе эволюции в результате процессов конкуренции;
- 2) Эволюция происходит на границе порядка и хаоса, во взаимосвязи преобладания и изменчивости, закономерности и случайности;
- 3) Макроэволюция идет в самоускоряющемся режиме – режиме с обострением. Режим с обострением описывает основной тренд;
- 4) Процесс эволюции протекает дискретно, скачками, циклами, и включает в себя периоды бурного развития и периоды замедления, спада, кризиса;
- 5) Глобальные циклы имеют инновационную природу, т.е. запускаются инновациями. На очередном витке эволюции появляются новые лидеры эволюции, новые более сложные организационные и функциональные структуры;
- 6) Эволюция происходит по восходящей спирали, циклы – это витки спирали;
- 7) Последовательность циклов сокращается по закону геометрической прогрессии и имеет точку сгущения;
- 8) В процессе эволюции возрастает пространственная неоднородность, усиливаются процессы концентрации;
- 9) В ходе глобальной эволюции наблюдаются процессы расслоения, отставания и постепенного выпадения из развития наиболее отсталых структур;
- 10) Большие этапы эволюции заканчиваются критическими точками – точками сингулярности, пройдя через которые система вступает в качественно новую фазу.

Эволюции человеческого общества присущи все эти закономерности развития. Поведение Мир-Системы, как и всех сложных систем, слабо предсказуемо, а *законы эволюции общества носят характер тенденций (или трендов)*, т.е. они выполняются с большой вероятностью, но не всегда. Тем не менее, анализ эволюции общества с позиции теории сложных систем является очень полезным и позволяет дать объективную оценку поворотного момента истории, в котором мы сейчас находимся, а также наметить наиболее вероятные пути дальнейшего развития.

3. ПАРАМЕТРЫ ПОРЯДКА РАЗВИТИЯ МИР-СИСТЕМЫ

С развитием синергетики стало понятно, что, только поднявшись на глобальный уровень и *рассматривая все человечество как единую самоорганизующуюся и саморазвивающуюся сложную систему, можно исследовать эволюцию мирового сообщества*. Несмотря на всю сложность исторических событий, взаимосвязь и взаимозависимость экономических, политических и социальных процессов, влияние множества случайных факторов на исторический ход, синергетика предлагает методы исследования глобальных процессов и выявления объективных законов эволюции.

Одним из главных методов синергетики является выделение так называемых *параметров порядка* – главных медленных переменных, характеризующих рассматриваемые процессы и подчиняющих себе все другие переменные. Применяя методы и теоретические представления синергетики, определяя параметры порядка социально-экономического развития общества, можно создавать относительно простые *математические модели*, которые позволяют понять и объяснить наблюдаемые процессы в прошлом и настоящем и предсказать сценарии их развития в будущем.

Для всех развивающихся систем *сложность является глобальным параметром эволюции*. Именно увеличение сложности со временем заставляет говорить об эволюции системы. Глобальная эволюция Мир-Системы, как и эволюция любой сложной системы, – это процесс, разворачивающийся в пространстве и времени, в котором происходит *усложнение структуры и организации системы, усложнение взаимодействий внутри нее и с окружающим миром*.

Человеческое общество совершило грандиозную эволюцию, создав свою собственную развивающуюся антропогенную среду с социально-экономической и культурной надстройками. Общество первобытных людей сформировалось в Африке примерно 1.5 млн. лет тому назад, а затем расселилось по всей планете, заняв все более или менее пригодные для проживания места. Древний человек был частью экосистемы и отличался от других стайных хищников разве что умением добывать огонь и использовать примитивные орудия труда. Качественный скачок произошел в эпоху неолита, начало которого относят к XI тысячелетию до н.э., когда древний человек из охотника и собирателя превратился в скотовода и земледельца, и начал вести более оседлый образ жизни. Эти изменения в человеческом сообществе имели настолько глобальные последствия, что были названы историками *неолитической революцией* [8], или *первой глобальной бифуркацией*, в истории развития человечества.

В неолите начинается формирование Мир-Системы. Историки предполагают, что Мир-Система зародилась в Передней Азии; сначала от Балкан вплоть до долины

Инда, а к концу I тыс. до н.э. от Атлантики до Тихого океана сложился целый пояс культур, основанных на сельском хозяйстве и находящихся на сходном уровне сложности, который включал в себя основную часть населения мира. Составлявшие ее народы, несмотря на кажущуюся разобщенность и независимость развития в те времена, взаимодействовали друг с другом, перенимая друг у друга новшества, знания, умения и технологии. Именно накопление информации, ее приумножение от поколения к поколению и распространение по всей территории обитания человека благодаря языку и развитому интеллекту связало человечество воедино и стало основой его эволюции [9-11]. *Человеческое общество можно рассматривать как информационную систему* и на этом пути выявить много закономерностей развития.

Усложнение происходило и по линии взаимоотношений между отдельными людьми, поселениями и, впоследствии, государствами, и по линии создания новых технологий, и по линии культуры. В целом многократно увеличилось число связей, усложнились различные взаимодействия и взаимоотношения внутри человеческого сообщества, возросла эффективность взаимодействия с природой, намного усложнилась архитектура социально-экономического устройства общества.

Сложность биологических видов, несмотря на все их многообразие, можно характеризовать числом типов клеток. В процессе биологической эволюции, которая началась с появлением прокариот – простейших клеток, не имеющих ядра, на новом витке эволюции появляются новые лидеры, новые более сложноорганизованные виды. Вслед за прокариотами возникли эукариоты, простейшие одноклеточные организмы, в которых клеточное ядро отделено от цитоплазмы. Эукариоты имели способность формировать, в зависимости от условий, морфологически и функционально различные клетки при неизменном геноме, что явилось предпосылкой появления в ходе дальнейшей эволюции изменчивости, многоклеточности, полового размножения и специализации. Чем больше типов клеток содержит организм, тем он сложнее устроен как структурно, так и функционально, тем он легче приспосабливается к вариативности внешних условий, тем он эффективнее взаимодействует с внешним миром и лучше выживает. На последнем этапе биологической эволюции появился человек, который, несомненно, является самым сложным биологическим видом, содержащим наибольшее число типов клеток (около 250) и имеющим самый развитый интеллект. На человеке закончилась биологическая эволюция на Земле и началась социально-экономическая эволюция общества.

Для характеристики сложности того или иного этапа исторического развития общества такого однозначного параметра найти, по-видимому, невозможно. Для человеческого сообщества сложность отражается в *уровне развития технологий P, культуры и в структуре социально-экономической организации общества*. Эволюция человеческого общества связана с появлением крупных *инноваций – образцов технологического, социального или культурного развития*, которые оказывают сильное влияние на исторический процесс и поднимают Мир-Систему на новый более высокий уровень сложности.

Уровень развития человеческого общества также можно характеризовать *общей численностью людей N*, которая связана с уровнем развития технологий *P* (обычно

измеряется в мировом ВВП). Под технологиями здесь понимаются не только жизнесберегающие и жизнеобеспечивающие технологии, но и фундаментальные открытия, позволяющие овладеть новыми ресурсами и возможностями. N и P – это два главных параметра порядка развития человеческой цивилизации, причем чем выше уровень развития технологий P , тем больше емкость социально-экономической среды (экологической ниши) и больше людей N может существовать, а чем больше людей N , тем выше вероятность создания новых более эффективных технологий, создающих более широкие условия проживания и способных в конечном итоге сохранить большее количество жизней. То есть существует *положительная обратная связь между общей численностью людей N и уровнем развития технологий P* . Эту гипотезу высказывали в той или иной форме многие исследователи: Т. Мальтус, С. Кузнец, М. Кремер, А.В. Подлазов, А.В. Коротаяев и др. [24]. Некоторые ученые отдавали первенство технологическому фактору (М. Кремер), другие – демографическому (С.П. Капица) [16-18].

4. РЕЖИМЫ С ОБОСТРЕНИЕМ

Благодаря положительной обратной связи между P и N наблюдался необычный для биологических популяций рост общей численности людей. И сегодня нас на 5 порядков больше, чем сравнимых с нами по размеру млекопитающих. В 1960 году по заданию Римского клуба группа фон Форстера собрала и обработала исторические данные и исследовала рост населения Земли почти на протяжении всей истории. Полученный закон роста удивил многих ученых. Оказалось, что общая численность людей росла не по экспоненциальному закону, а по гиперболическому закону. Уточненная Хорнером формула имеет вид:

$$N(t) = \frac{C}{T_1 - t}, \quad (1)$$

где t – время в годах от начала нашей эры, C и T_1 – подобранные константы: $T_1 = 2025$ г. – *момент обострения, или точка сингулярности Форстера*, $C = 200$ млрд. [человек×годы] – константа Форстера. Функция (1) описывает развитие в режиме с обострением, при котором численность населения и скорость его роста все время нарастают, и N уходит в бесконечность при стремлении t к T_1 . График роста функции $N(t)$ изображен на рисунке 1.

Как показывают исследования, в режиме с обострением шла не только социально-экономическая эволюция человеческого общества, но происходила и химическая эволюция во Вселенной, биологическая эволюция. В режиме с обострением развиваются очень многие крупные и мелкие подсистемы. И именно *режимы с обострением обуславливают законы эволюции многих сложных систем*.

Как видно из рисунка 1, развитие в режиме с обострением можно условно разделить на три стадии: квазистационарную стадию 1, или стадию медленного роста, когда прирост функции заметен только на очень больших промежутках времени; стадию быстрого роста 2 и стадию взрывного развития 3. То есть *эволюция в таком режиме идет с ускорением, длится лишь конечное время и всегда заканчивается*

взрывом, за которым может последовать коллапс и гибель системы вблизи точки сингулярности. Как правило, до коллапса дело не доходит, система переживает тяжелейший кризис, в ней происходят качественные перестройки, и начинается новый цикл развития обновленной системы.

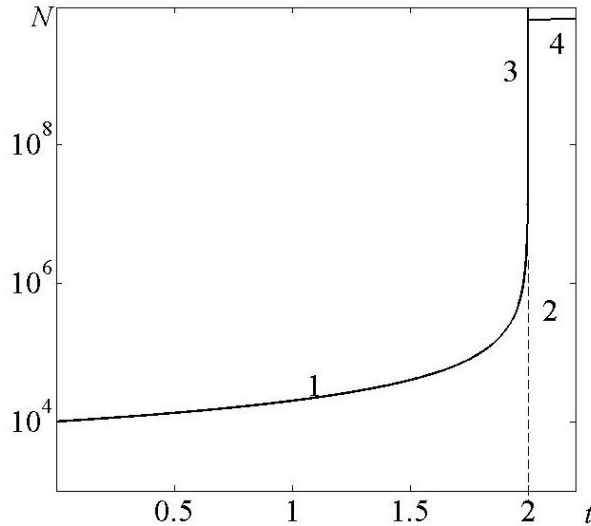


Рис.1. Режим с обострением

В Мир-Системе закон гиперболического роста (1), как основной тренд действовал на протяжении всей истории человечества, по некоторым оценкам [18] более млн. лет вплоть до 70-х годов прошлого века. На квазистационарной стадии развития прирост населения был крайне мал, спрятан за большими флуктуациями и заметен только на больших промежутках времени. Переход к ускоренному росту произошел в эпоху неолита. В последние двести лет наблюдалось особенно резкое увеличение численности населения Земли, которое было охарактеризовано как *демографический взрыв*. Демографический взрыв произошел благодаря индустриальной революции, которая привела к радикальному повышению производительности труда и увеличению емкости среды обитания. Население планеты в 1800 году не достигало еще 1 млрд. человек, а к 1900 году оно уже выросло до 1650 млн., к началу 2000 г. – до 6 млрд. Сейчас по данным ООН численность населения Земли перевалила 7 млрд. Однако, это в разы меньше того, что могло бы быть, если бы закон (1) продолжал действовать. Реальные данные начали отставать от функции (1), начиная с 70-х годов XX века. В настоящее время наблюдается резкое снижение темпов роста населения с тенденцией к стабилизации (стадия – 4 на рис. 1), то, что получило название *глобального демографического перехода*. Многие исследователи сходятся на том, что демографический переход будет завершен в середине этого столетия. По средним прогнозам ООН общая численность людей стабилизируется на 9 млрд. Демографический переход не связан с ресурсными ограничениями, он происходит как раз во время, когда большая часть населения планеты вышла из так называемой *мальтузианской ловушки* и стала жить гораздо лучше. Демографический переход связан с резким падением рождаемости, когда во многих странах на одну женщину

приходится менее двух детей за жизнь. Есть разные объяснения этому феномену, но ясно, что к нему привело все развитие человеческой цивилизации.

Демографический переход – это *революция, или вторая глобальная бифуркация*, в истории человечества, коренным образом меняющая характер развития человечества [17]. Действительно, более миллиона лет развитие человеческого сообщества основывалось, прежде всего, на быстро растущем населении Земли. И главной движущей силой социально-экономической эволюции была положительная обратная связь между численностью населения и уровнем развития технологий. В прошлом веке эта связь окончательно разорвалась, и новые наукоемкие технологии (нано-, био-, инфо-, когни- и др.) разрабатываются в странах прошедших демографический переход, где нет прироста населения.

Демографический переход приносит много новых проблем, которые надо решать незамедлительно. В частности – проблему резкого изменения возрастного состава населения, при котором доля пожилых людей сильно возрастает, а работоспособная часть населения уменьшается. Но главное в том, что демографический переход происходит в разных странах в разное время. В развитых странах Европы и США демографический переход начался еще в конце XIX века и в настоящее время уже полностью завершен; а в развивающемся мире в азиатских странах и странах тихоокеанского региона пока наблюдается обратная картина – там население все еще быстро растет, экономика, несмотря на кризис, находится на подъеме. Ряд азиатских стран во главе с Китаем выходят в лидирующие экономики мира. Центр развития Мир-Системы сместился на Восток, а политическая и военная силы пока преобладают на Западе. Мир-Системе придется, по-видимому, в ближайшем будущем пережить непростую смену лидеров.

5. ИСТОРИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

Эволюция человеческого общества, как эволюция любой сложной системы, происходит дискретно, скачками, циклами, и включает в себя периоды бурного развития и периоды спада, кризиса, увеличения доли хаоса. Эволюция происходит по восходящей спирали, а циклы – это витки спирали. На очередном витке эволюции появляются новые лидеры эволюции, новые организационные и функциональные структуры. Непрерывно изменяются параметры системы, а сложность увеличивается скачками.

Изучение исторической динамики также показывает, что развитие человеческой цивилизации в режиме с обострением описывает лишь основной тренд, тогда как более детальное рассмотрение обнаруживает существование исторических циклов, или волн, разной длины. Наиболее известными являются вековые циклы, продолжающиеся примерно 200-300 лет, и длинные цивилизационные волны, длительность которых составляет несколько тысяч лет. Последние связаны с возникновением больших культурно-исторических формаций, таких как древнеегипетская культура, шумеро-вавилонская культура, греко-римская (античная) культура, западно-христианская цивилизация и др. Существуют и более короткие глобальные экономические и культурные циклы с периодом от нескольких лет до нескольких десятков лет. Обычно

под социокультурной цикличностью понимают просто чередование этапов взлета и падений, расцвета и упадка, ускорения и замедления развития, при этом сам процесс делят на два-четыре этапа [11].

Три глобальных исторических цикла, имеющих глубочайшие и всеобъемлющие последствия для развития общества, запустили так называемые «производственные революции»: 1) аграрная, или неолитическая; 2) промышленная; 3) научно-информационная. Все они были связаны с переходом к новому принципу хозяйствования не только в технологиях, но и во взаимоотношениях природы и общества. При этом заметно повышалась производительность труда (земли), увеличивался объем продукции, а, следовательно, и численность населения.

Три производственные революции разделяют четыре крупные ступени развития мировых производительных сил (Гринин 1997-2007) [8-9]:

1. Охотничье-собирательский;
2. Аграрно-ремесленный;
3. Промышленный;
4. Научно-информационный.

Каждая революция *приводила к усложнению общественного разделения труда и интеграции Мир-Системы*. Каждая производственная революция представляет собой цикл, состоящий из трех этапов, двух главных качественных и одного промежуточного, связанного с распространением, *диффузией новых технологий* и их адаптацией к различным условиям.

Первый этап характеризуется формированием отдельных аргонных очагов нового принципа производства, ростом и постепенным укреплением новых хозяйственных секторов. Затем новый принцип производства распространяется на новые территории и общества. Второй этап производственной революции может начаться, когда сложится весь спектр вариантов нового принципа производства. Из ряда моделей в конкурентной борьбе побеждают немногие, в которых аккумулировались достижения всех. Тогда начинается переход ко второму этапу. Там, где сформировался наиболее перспективный вариант производства и создались нужные общественные условия, совершается переход ко второму этапу.

Каждый новый этап производственной революции: а) создает новые технологии, способствующие радикальному повышению производительности труда, а значит и емкости среды; б) повышает объем и уровень значимости сектора накопления (производства средств производства), снижает общую долю в производстве сектора производства предметов потребления, *удлиняются технологические цепочки* от добычи первичного сырья до выпуска потребительных благ; в) изменяет тип демографической модели воспроизводства населения.

В результате аграрной и промышленной революций существенно увеличилась численность населения, и увеличились темпы его прироста. Аграрная революция создала проблему мальтузианской ловушки, промышленная революция сделала возможным выход из нее и обусловила беспрецедентной рост населения в Мир-Системе в целом. Научно-техническая революция привела к радикальной смене

воспроизводства населения, характеризующегося низкой рождаемостью, быстрым старением населения и очень высоким уровнем жизни.

Началом производственных революций нужно считать момент, когда нововведения образуют хоть в какой-то мере самостоятельный сектор хозяйства. От одной производственной революции к другой меняется степень зависимости общества от природы. Аграрная революция создала определенную независимость (хотя и неполную) социальных систем в производстве продуктов питания. Промышленная революция на первом этапе привела к преодолению океанического барьера, созданию мирового рынка и качественно более полному использованию ресурсов природы за счет специализации и торговли. А второй (машинный) ее этап уменьшил роль природного фактора как главного ограничителя роста населения. Теперь технические средства и новые виды энергии могли компенсировать недостаток плодородия земли и рабочих рук.

Докапиталистическая эпоха, начиная с неолита, представляла собой культуру, основанную на экстенсивном земледелии. Тогда численность населения строго регулировалась потолком несущей способности земли при данном уровне развития технологий («мальтузианская ловушка»), и возникали циклы, вызванные периодическими кризисами из-за относительной перенаселенности населения и перепроизводстве элит. Эти кризисы сопровождалась бунтами, крестьянскими и религиозными войнами, раннебуржуазными революциями. Впервые демографические циклы были описаны Т. Мальтусом в конце XVIII века, а их существование на Западе (в Европе) и Востоке подтвердили В. Абель, Ф. Бродель и др. В 1991 г. Дж. Голдстоун разработал теорию *демографически-структурных циклов*, в которой все население он делил на три части: «государство», «элиту» и «народ». Проанализировав взаимодействие между этими частями в условиях роста населения, Голдстоун показал, как возникают циклы, и описал характерные черты трех фаз цикла: фазы роста, фазы сжатия и фазы кризиса.

В эпоху классического капитализма кризисы перенаселенности и связанные с ними циклы исчезли. Но возникли другие циклы, определяемые периодическими кризисами перепроизводства, величиной запасов, инвестиций, занятости, инфляции и др. Причины возникновения этих кризисов начали изучать Д. Юм, Д. Рикардо, К. Маркс и др. Например, К. Маркс выделял четыре фазы цикла, последовательно сменяющие друг друга: кризис, депрессию, оживление и подъем. В прошлом столетии были открыты экономические циклы Дж. Китчина (2-4 года), К. Жюгляра (7-11 лет), С. Кузнеца (16-25 лет), Н.Д. Кондратьева (40-60 лет), глобальные волны интеграции и дезинтеграции Мир-Системы, длительностью порядка 100 лет [8] др.

Наиболее изучены механизмы экономических циклов Кондратьева, которые являются разновидностью мировых циклов. Используя их, ученые сегодня научились делать прогнозы. Выдающийся австро-американский ученый Й. Шумпетер одним из первых разработал теорию экономических циклов [40]. Он утверждал, что все циклы генерируются инновациями. Так, при экономическом спаде или кризисе, разрушаются устаревшие технологии и соответствующие экономические уклады, что «расчищает место» для бурного распространения новых технологий и укладов в дальнейшем.

Экономические инновации рождаются и начинают формироваться в период кризиса, на стадии депрессии. Технологические инновации невозможно реализовать без социальных инноваций; социальные и экономические инновации идут параллельно, и соответствующие социальные перемены сокращают период депрессии. На стадии кризиса в экономику вливается большой поток инвестиций, играющий роль энергии, способной перевести систему на качественно новый уровень развития. Рождающиеся новые технологии остро конкурируют друг с другом. В результате побеждают самые эффективные для данного уровня развития. По выходе из кризиса система приобретает не одну технологическую новинку, а целый пакет социально-экономических инноваций, новых типов связей, структур и организаций. Таким образом, происходит усложнение всей социально-экономической системы, и общество поднимается на новую ступень развития.

За рамками большинства теорий, описывающих мегатренды и те или иные циклы, остается пространственное развитие, и основной упор делается на анализе изменений некоторых макро-показателей. Однако ученым хорошо известно, что развитие человеческой цивилизации сопряжено с увеличением неоднородности и неравномерности распределения людей и продуктов их деятельности по пространству, усилением процессов концентрации антропогенных явлений в немногих центральных местах [6; 35]. Центральные места человеческой деятельности, представляющие собой культурные, научные, технологические и другие центры, различаются по размерам, мощности, и значению, и имеют ярко выраженное иерархическое строение. Главных центров, где концентрируется население, зарождаются новые технологии, новые социальные, экономические, политические, культурные и другие стандарты и эталоны, не так уж много. Центростремительные процессы, приводящие к усилению процессов концентрации и неравномерности пространственного развития, преобладают на восходящей фазе эволюции, за которой следует нисходящая фаза, на которой преобладают центробежные процессы. Таким образом, пространственная концентрация сопровождается особым рода рассеиванием, известным как *диффузия нововведений*. Передовая техника, новые идеи, новые стандарты, новые взаимоотношения, возникнув первоначально в одном центре, затем расходятся по большей или меньшей территории и постепенно осваиваются все меньшими центрами. Говорят, что центральные места человеческой деятельности являются генераторами *зонно-волновой диффузии инноваций* и излучают *импульсы развития*. Причем, чем сильнее пространственная концентрация, тем быстрее исчезают породившие ее различия между центром и периферией, тем скорее выравниваются уровни их развития. В главных центрах зарождаются новые импульсы развития, а с ними новые различия и контрасты.

6. СИНГУЛЯРНОСТЬ ДЬЯКОНОВА

Глобальные длинные волны исторического развития общества изучали И.М. Дьяконов, Ф. Бродель, С.П. Капица, П.В. Турчин и др. Разные ученые по-разному выделяют главные эпохи развития Мир-Системы, но все они отмечают ускорение течения исторического времени и сокращение длительности исторических эпох [16- 18;

44]. *Смена глобальных исторических эпох имеет инновационную природу и происходит, когда начинают распространяться новые социально-экономические технологии, стандарты или культурные образцы, качественно влияющие на эволюцию и переводящие Мир-Систему на другой, более высокий уровень развития. Инновации – образцы новых технологий, образцы новой социально-экономической организации общества, определяющие начало новой эпохи, зарождаются случайно в одном или немногих местах, а потом медленно распространяются по территории, адаптируясь к новым условиям. Диффузия – распространение инноваций – играет существенную роль в цикле, определяя его длительность.*

Дьяконов в своей книге «Пути истории» вводит 8 фаз исторического развития, начиная с появления *Homo sapiens*, которые делятся приблизительно: I-ая - 30 тыс. лет, II-ая - 7 тыс. лет, III-я - 2 тыс. лет, IV-ая - 1.5 тыс. лет, V-ая – 1000 лет, VI-ая - 300 лет, VII-ая - 100 лет, VIII-ая – непонятно сколько лет. Он замечает, что длительность циклов сокращается по закону геометрической прогрессии и имеет точку сгущения, впоследствии получившую название *сингулярности Дьяконова*.

Ускорение течения исторического времени и сокращение длительности циклов дает представление об эволюции, как о *нелинейном развитии по спирали*, завершающемся прохождением критической точки сингулярности.

Ю.В. Яковец, используя понятие социально-экономической формации, данное К. Марксом, делит эволюцию общества на 9 этапов. Каждый новый этап эволюции – это следующая ступень сложности организации человеческого общества. Его деление на этапы несколько отличается от деления Дьяконова, но также как у Дьяконова длительность циклов сокращается: неолитический длится 32 столетия, восточно-рабовладельческий – 22 ст., античный – 12 ст., раннефеодальный – 7 ст., доиндустриальный – 4.5 ст., индустриальный – 2.3 ст., постиндустриальный – 1.3 ст., информационный – 0, 5 ст.

С.П. Капица выделяет 11 глобальных исторических циклов, причем 5 самых длинных из них происходят до неолита. Провозглашая принцип демографического императива, он тесно связывает исторические циклы с ростом населения в режиме с обострением (1). В таблице 1 приведены основные этапы развития человечества по Капице, их длительность, и также указана общая численность населения. В периодизации Капицы прослеживается желание исключить случайный разброс точек, описывающих время начала того или иного цикла, вокруг усредненной траектории эволюции Мир-Системы и уложить все эпохи на эту кривую. По мнению Капицы, *смена эпох происходила, когда численность населения примерно утраивалась, а длительность эпох при этом сокращалась также примерно в три раза*. Такое правильное деление на эпохи позволяет ввести *инвариант исторического развития*. Им выступает постоянная фон Форстера C (1), которая получается равной половине произведения численности населения, взятого в момент окончания каждого из 11 исторических периодов на его длительность:

$$C = 0.5N_j \Delta t_j \tag{1}$$

Таблица 1. Главные эпохи в истории человечества (по С.П.Капице)

ИСТОРИЯ, КУЛЬТУРА И ТЕХНИКА	КУЛЬТУРНЫЙ ПЕРИОД	ИНТЕРВАЛ ВРЕМЕНИ	ЧИСЛО ЛЮДЕЙ
Галечная культура, чоппер; <i>Homo Habilis</i>	1. Олдувай	1600–600тыс.лет до н.э. (1000 тыс. лет)	10^5
Заселение Европы, Азии; рубила	2. Шелль	600 – 220 тыс. лет до н.э. (380 тыс. лет)	
<i>Homo Sapiens</i> ; речь, овладение огнем	3. Ашель	220 – 80 тыс. лет до н.э. (140 тыс. лет)	10^6
Заселение Америки; языки, шаманизм	4. Мустье	80 – 29 тыс. лет до н.э. (51 тыс. лет)	
Керамика, бронза; микролиты	5. Мезолит	29 – 9 тыс. лет до н.э. (20 тыс. лет)	10^7
Междуречье, Египет; письменность; города, одомаш-нивание скота, с/х	6. Неолит	9000 – 2000 лет до н.э. (7000 лет)	
Рождество Христово; Греция, Индия, Китай; буддизм	7. Древний мир	2000 лет до н.э. – 500 лет н.э. (2500 лет)	10^8
Великие геогр. Открытия; ислам; падение Рима	8. Средние века	500 – 1500 лет н.э. (1000 лет)	
Книгопечать; промышленная революция	9. Новая история	1500 – 1840 гг. н.э. (340 лет)	
Мировые войны; электроэнергия	10. Новейшая история	1840 – 1955 гг. н.э. (115 лет)	10^9
Биотехнологии; компьютеры	11. Мировой демографический переход	1955 – 2000 гг. н.э. (45 лет)	$3*10^9$
Наст. время→ ; Глобализация, урбанизация		2000 – 2045 гг. н.э. (45 лет)	$6*10^9$
Козволюция человека и природы	12.Стабилизация		$9*10^9$

Предельная точка сгущения циклов по Капице приходится, как и у Дьяконова на 2022 г., и совпадает с точностью до допустимой погрешности с точкой сингулярности

фон Форстера – 2025 г. Понятно, что глобальные исторические циклы не могут иметь длительность ни час, ни месяц, ни год. Необходимо достаточно длительное время на разработку, распространение и внедрение инноваций, определяющих целую эпоху. Минимальный период цикла предположительно составляет несколько десятилетий (сорок - сорок пять лет, время жизни поколения, одна из двух системных констант, введенных С.П. Капицей). Отсюда следует, что при приближении к точке сингулярности *исторические циклы прекращают сокращаться, останавливаясь на некотором минимальном периоде. Это еще один признак того, что демографический переход является переходом к другой цивилизации, с другими законами и циклами развития.*

7. МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭВОЛЮЦИИ МИР-СИСТЕМЫ

Для описания и анализа глобальной эволюции общества, основных трендов развития и больших исторических циклов большинство ученых используют макроскопические модели, основанные на системах обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). В качестве главных переменных, характеризующих динамику развития Мир-Системы, обычно берутся N и P – общая численность людей и уровень развития технологий. Под уровнем развития технологий при этом понимают и технологии производства продуктов питания, и социально-экономическую организацию общества, транспортные и медицинские технологии, уровень развития культуры и науки. В некоторых моделях используются и другие переменные, например, имеющиеся в наличии ресурсы R , общая площадь посевных площадей S , уровень грамотности населения L и т.д. Весомый вклад в развитие математического моделирования исторических макропроцессов внесли С.П. Капица, М. Кремер, П.В. Турчин, С.А. Нефедов, А.В. Коротаев, А.С. Малков, Д.А. Халтурина и другие [16-18; 24; 44]. Обзор, разработку и глубокий анализ компактных моделей эволюции общества и исторических процессов можно найти в сериях сборников, выпускаемых издательством URSS: «История и Математика» [11] и «Эволюция» [41].

8. МОДЕЛЬ КАПИЦЫ

Примером глубокого исследования глобальных исторических процессов с позиции синергетики может служить математическая теория, разработанная С.П. Капицей [16-18]. Рассматривая население мира как единую систему, развитие которой подчиняется в большей степени собственным внутренним законам, чем внешним факторам, он дал всесторонний анализ эволюции человеческого общества, начиная с начала его зарождения примерно 4,5 млн. лет тому назад. Как и принято в теории сложных систем, он выбрал главный параметр порядка, оказавший наибольшее влияние на ход развития, и проследил за его эволюцией. В качестве такового им была взята общая численность населения Земли N – ведущая медленная переменная, к которой подстраиваются все остальные переменные. Тем самым С.П. Капица провозгласил *принцип демографического императива*: именно демография, рост народонаселения Земли, обуславливает характер социальных, экономических и геополитических процессов, происходящих в глобальной системе человечества. Все остальные

параметры и процессы, такие как распределение людей в пространстве, возрастные, расовые и имущественные различия, в модели усредняются и учитываются в общем взаимодействии.

Математическая модель С.П. Капицы, описывающая изменение во времени полного числа людей N , имеет вид:

$$\tau \frac{dN}{dT} = \frac{N^2}{K^2}. \quad (2)$$

где время T выражено в годах от начала нашей эры, а τ и K – две системные константы, подобранные эмпирическим путем. Константа $\tau = 45$ – это некоторая средняя временная характеристика системы, описывающая эффективное время жизни одного поколения. Константа роста $K = 67000$ – это основная безразмерная динамическая характеристика системы. Она соответствует эффективному размеру группы, в которой проявляются коллективные признаки сообщества людей.

Решением уравнения (2) является гиперболический закон роста (1). Закон роста (2) является парадоксальным с точки зрения биологических законов размножения популяций и требует объяснения. Причину квадратичной зависимости (2) С.П. Капица видит в том, что человечество представляет собой единую систему, в которой происходят парные взаимодействия по обмену информацией, и скорость роста отдельных частей существенно зависит от размера всей системы. То есть, в основе кооперативного закона роста (2) лежит распространение и передача от поколения к поколению информации – знаний и технологий, обычаев и культуры, религии и науки – то есть то, что качественно отличает человека и человечество в своем развитии от животного мира. Как биологический вид человек разумный со времен своего появления изменился мало; все развитие человечества происходило в социальной сфере, в создаваемой и развиваемой людьми антропогенной среде, благодаря накоплению и умножению информации в виде знаний, умений, технологий. Очевидно, что сейчас мир представляет собой единую глобальную систему, связанную транспортными, денежными, миграционными и информационными потоками, общими глобальными проблемами. Но и в далеком прошлом, когда население Земли представляли отдельные малочисленные племена, сильно разбросанные по огромной территории, все равно они медленно, но верно взаимодействовали. Именно системные взаимодействия привели к глобальной синхронизации смен эпох или фаз в истории человечества, что отражается в глобальной периодизации истории даже в те далекие времена.

Важным результатом теории Капицы является также вывод о сжатии масштабов исторического времени, которое вытекает с неизбежностью из гиперболического закона роста и выражается в ускорении темпов прироста населения. Из-за связи демографических и социально-экономических процессов темп развития, ощущаемый по динамике изменений, все время возрастает, и ускоряется социально-экономическое развитие общества.

Существенным результатом математической теории С.П. Капицы, как уже говорилось, является обнаруженная связь общей численности людей с уровнем развития цивилизации и с периодизацией исторического времени.

Другим важным результатом теории С.П. Капицы является объяснение снижения скорости роста общей численности населения планеты с тенденцией к ее стабилизации, что составляет сущность происходящего ныне демографического перехода.

По мнению С.П. Капицы 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 τ , опосредованно учитывающей долгий период взросления и обучения человека, растянувшийся сейчас на 25-30 лет [16]. С помощью математической модели С.П. Капица рассчитал предел, к которому стремится численность человечества после завершения демографического перехода:

$$N_{\infty} = \pi K^2 \approx 11 \text{ млрд.}$$

Так же им получена интересная оценка общей численности людей в 100 млрд. чел., когда-либо живших на Земле.

9. МОДЕЛЬ КРЕМЕРА

М. Кремер провозглашает технологический императив и выписывает динамическое уравнение для абсолютной скорости технологического роста, которое в наших обозначениях принимает вид:

$$\frac{dP}{dt} = bN^{\phi_1} P^{\phi_2}, \quad (3)$$

где коэффициент b описывает среднюю продуктивность работы изобретателя, ϕ_1, ϕ_2 – параметры. В его модели численность населения N мгновенно приближается к равновесному уровню \bar{N} , который вычисляется по формуле:

$$\bar{N} = \left(\frac{\bar{g}}{P} \right)^{1/(\alpha-1)}, \quad (4)$$

где \bar{g} – равновесный среднедушевой продукт, $0 < \alpha < 1$ – параметр. Можно показать, что уравнение (3) эквивалентно уравнению Капицы (2), однако акценты расставлены по-разному. В отличие от Капицы, Кремер уточняет, что в режиме с обострением по гиперболическому закону растет равновесная численность (4), согласованная с уровнем технологического развития и объемом технологической ниши.

Модель (3), (4) не описывает демографический переход. Чтобы устранить этот недостаток модели и учесть наблюдаемое снижение рождаемости и стремление численности населения к стационарному значению, Кремер вводит сложную зависимость рождаемости от дохода на душу населения. В этой зависимости делается предположение, что с ростом дохода падает рождаемость.

10. КОМПАКТНАЯ МАКРОМОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ МИР-СИСТЕМЫ

Развивая идеи М. Кремера, А.В. Коротаев с соавторами [24] приходит к простой модели, описывающей и гиперболический рост населения, и технологическое развитие в режиме с обострением:

$$\begin{aligned}\frac{dN}{dt} &= aSN, \\ \frac{dS}{dt} &= bNS,\end{aligned}\tag{5}$$

где S – это «избыточный» продукт, производимый на одного человека при данном уровне технологий. При этом мировой ВВП (G) вычисляется по формуле:

$$G = mN + SN,$$

где m – минимально необходимый продукт на одного человека.

Введение избыточного продукта дает возможность более глубоко объяснить и эффект мальтузианской ловушки, и появление новых технологий. Однако, модель (5), как и все предыдущие модели, не дает описания феномена демографического перехода.

Проводя глубокие исследования и корреляционный анализ, авторы разрабатывают компактную трехкомпонентную модель развития Мир-Системы, описывающую и гиперболический рост, и демографический переход. Главным фактором снижения рождаемости является рост уровня образования населения наряду с развитием медицины и системы социального обеспечения. В основе этой модели лежит система 3-х уравнений относительно численности населения N и двух интегральных показателей, вобравших в себя все социально-экономическое, технологическое и культурное развитие общества:

$$\begin{aligned}\frac{dN}{dt} &= aSN(1 - L), \\ \frac{dS}{dt} &= bNSL, \\ \frac{dL}{dt} &= cSL(1 - L),\end{aligned}\tag{6}$$

где L – доля грамотного населения; a , b , c – константы. Здесь рост грамотности ведет к ускорению темпов технологического развития. Как и в моделях Капицы и Кремера система (6) описывает основные тренды, но не способна дать описание циклам. Глобальная эволюция Мир-Системы в соответствии с моделью (6) делится на два этапа. На первом этапе, который завершился в середине прошлого века, динамика модели демонстрирует рост в режиме с обострением общей численности людей и избыточного мирового валового продукта, а также увеличение доли грамотного населения. На втором этапе грамотным (образованным) становится все население планеты ($L=1$), при этом общая численность людей выходит на стационар. Это одна из немногих моделей, которая описывает демографический переход. Модель основывается на статистических исследованиях и корреляционном анализе, но внутренний механизм, приведший к снижению рождаемости, в этой работе не вскрывается. Авторы пишут, что к снижению рождаемости привело все цивилизационное развитие человечества, культурное, научное, техническое, а переменная L – лишь удобный показатель, который отражает это развитие.

11. МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ С.П. КУРДЮМОВА

Несмотря на многие интересные выводы полученные при использовании систем ОДУ из анализа исторических процессов ускользает фактор пространственного развития общества, фактор взаимодействия и конкуренции различных структур, фактор диффузии нововведений и др. Минимальная математическая модель, способная дать описание процессов эволюции, должна быть пространственно-распределенной, содержать диффузионный член, описывать процессы формирования, развития и гибели макроскопических структур. Такой моделью является нелинейное уравнение теплопроводности с объемным источником:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \operatorname{div}(\chi_0 u^\sigma \operatorname{grad} u) + q_0 u^\beta, \quad t > 0, \quad (7)$$

где функция $u(M, t)$ (где M – точка на плоскости с координатами (x, y) , а t – время) описывает распределение плотности людских, экономических и других ресурсов; $\chi_0, q_0 > 0, \sigma > 0, \beta > 1$ – параметры модели. В правой части уравнения (7) первое слагаемое представляет собой оператор диффузии и описывает диссипативные процессы в системе, распространение информации, миграцию населения или диффузию нововведений. Второе слагаемое представляет собой нелинейный объемный источник и описывает кумулятивные процессы, умножение информации, рост плотности людского или экономического потенциала. Таким образом, модель (7) учитывает диссипацию и аккумуляцию – две важнейшие движущие силы эволюции, переменное преобладание которых наблюдается в разных фазах циклов развития.

Уравнение (7) интенсивно изучалось, начиная с 70-х годов прошлого века в связи с исследованием процессов термоядерного горения в плазме (функция $u(M, t)$ описывала распределение температуры в пространстве). Было показано, что при $\beta > \sigma + 1$ процессы горения идут в режиме с обострением, и имеет место явление локализации тепла. Феномен локализации процессов приводит к распадению непрерывной среды на отдельные локализованные структуры – области интенсивного горения в режиме с обострением. Возникают не только простые структуры с одним максимумом, но и сложные структуры, имеющие много максимумов и сложное пространственное строение [25; 27].

Изучая свойства структур, развивающихся в режиме с обострением, С.П. Курдюмов пришел к выводу, что они описывают общие законы эволюции систем с положительными обратными связями. Через динамику развития и взаимодействий этих структур, как сквозь призму, можно разглядеть и понять общие законы эволюции сложных систем. Многие свойства нелинейных систем, развивающихся в режимах с обострением, изложены в монографиях Е.Н. Князевой и С.П. Курдюмова «Основания синергетики» [20] и «Синергетика: нелинейность времени и ландшафты коэволюции» [21].

С.П. Курдюмов впервые предложил применить нелинейное уравнение теплопроводности (3) и для моделирования эволюции человеческого сообщества. Он увидел глубокую аналогию между процессами горения нелинейной среды, ведущими к образованию и распаду сложных пространственных структур, и историческими

процессами, сопровождающимися образованием и распадом империй. С.П. Курдюмовым с соавторами [3] впервые были подобраны параметры модели (6) и изучены *основные тенденции пространственно-временного развития глобальной демографической системы*. В рамках этой модели в работах [5; 18] было продолжено исследование основных этапов исторического развития Мир-Системы, весь ход исторического развития был проанализирован с точки зрения развития режима с обострением; были выявлены объективные законы эволюции человеческого общества и даны прогнозы будущего развития.

Понятно, что модель (7) является слишком абстрактным приближением реальных процессов, неспособным описывать конкретные события. Возникает резонный вопрос, какая польза от него при исследовании исторических событий. Заметим, во-первых, что оно используется не для описания конкретных исторических событий, а *для анализа глобальной эволюции общества и анализа конкретных исторических событий в контексте глобальной эволюции*, а это большая разница. Модель описывает усредненную динамику пространственно-временного развития общества, исследуя которую можно вывести некоторые закономерности этого развития, определить точки бифуркации и направления будущего развития. Во-вторых, модель (7) является иерархическим расширением макроскопической модели С.П. Капицы (или Кремера), учитывающим на более низком уровне пространственное распределение переменных. Мы видели, сколько глубоких выводов сделал Капица из исследования свойств только одного нелинейного уравнения (2). Многие законы эволюции, сформулированные выше в пунктах 3-10 подтверждены анализом динамики распределенной модели (7).

Определяющими параметрами модели, от которых качественно зависит динамика развития процессов, являются параметры β и σ . Они подбирались так, чтобы выбранный режим эволюции описывал бы наблюдаемые глобальные процессы в Мир-Системе. Среди них главными являются: образование и распад сложных структур, усиление с развитием неустойчивости, процессов расслоения, пространственной неоднородности и концентрации в отдельных местах и др. Такая динамика наблюдается в LS -режиме при $\beta > \sigma + 1$. Кроме того, параметры подбирались так, чтобы удовлетворить некоторым интегральным количественным характеристикам, а именно:

1) интеграл по пространству, имеющий смысл общей численности населения,

$$N(t) = \int u(M, t) dM, \quad (8)$$

должен расти по гиперболическому закону (1), где интегрирование ведется по всем районам обитания;

2) эволюция системы должна иметь циклический характер. За основу бралась периодизация С.П. Капицы, включающая в себя 11 исторических эпох соотнесенных с численностью населения (таблица 1).

Уравнение (7) дополняется достаточно произвольным финитным начальным распределением плотности, заданным в некоторой небольшой области $\hat{G} \subset G$:

$$u(M, t_0) = u_0(M), \quad (9)$$

которое инициирует начало процесса эволюции человечества, как системы. Начальное значение интеграла (8) считается равным 10^5 чел. в соответствие с предполагаемой начальной численностью первобытных людей.

Ниже будут приведены результаты расчетов циклического развития Мир-Системы и дана их интерпретация. Но сначала остановимся на основных особенностях динамики структур, развивающихся в режиме с обострением

12. СОБСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЫ

Нелинейное уравнение теплопроводности (7) изучалось, начиная с 70-х годов прошлого века в связи с исследованием процессов термоядерного горения в плазме. При выбранных значениях параметров σ и β имеет место так называемый *LS-режим* ($\sigma > 0, \beta > \sigma + 1$), при котором на развитой стадии процессы идут в режиме с обострением и возникает явление локализации тепла. Большой вклад в исследовании режимов с обострением был внесен С.П. Курдюмовым и его учениками [25-27].

Нелинейное уравнение при заданных значениях параметров имеет бесконечно много решений, зависящих от начального распределения плотности (12). Однако всего несколько из них определяют эволюцию всей системы. Это так называемые *автомодельные решения*, которые играют роль *аттракторов для всех прочих решений* этого уравнения. Автомодельные решения отражают внутренние свойства нелинейной системы, поэтому их называют *собственными функциями (СФ) нелинейной среды*. «Забывание» деталей начальных данных у произвольных решений и выход их на автомодельный режим означает существование *объективных законов развития*, или векторов развития, которые указывают *возможные направления развития эволюционных процессов*.

Автомодельные решения уравнения (7) они имеют вид:

$$u(r, \varphi, t) = g(t)\Theta(\xi, \varphi), \quad \xi = \frac{r}{\psi(t)}, \quad (10)$$

где (r, φ) – координаты точки плоскости в полярной системе координат, ξ – автомодельная переменная, $\Theta(\xi, \varphi)$ – автомодельное решение, а $g(t)$ и $\psi(t)$ функции времени:

$$g(t) = \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^m, \quad \psi(t) = \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^n, \quad m = -\frac{1}{\beta - 1}, \quad n = \frac{\beta - \sigma - 1}{2(\beta - 1)}, \quad (11)$$

$\tau > 0$ – момент обострения. Момент обострения τ может быть произвольным, это дополнительный параметр, который в каждом конкретном случае надо определять. Для рассматриваемой глобальной эволюции Мир-Системы параметр $\tau = T_0 = 2025$ г. в соответствии с формулой (1). Автомодельное решение $\Theta(\xi, \varphi)$ удовлетворяет автомодельному уравнению

$$\frac{1}{\xi} \frac{\partial}{\partial r} (\xi \Theta^\sigma \frac{\partial \Theta}{\partial \xi}) + \frac{1}{\xi^2 (\sigma + 1)} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \Theta^{\sigma+1} = -\frac{m}{t} \Theta + \frac{n}{t} \xi \frac{\partial \Theta}{\partial \xi} - \Theta^\beta, \quad (12)$$

и обычным для этих задач граничным условиям. Из формул (10), (11) следует, что амплитуда автомодельного решения растет в режиме с обострением ($g(t) \rightarrow \infty$ при $t \rightarrow \tau$), а его полуширина сокращается со временем ($r \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \tau$), и в момент обострения функция u обращается в бесконечность только в одной точке – центре симметрии.

Таким образом, *автомодельные решения описывают сходящиеся к центру волны, заканчивающиеся коллапсом в момент обострения*. Причем, развитие процессов происходит самоподобно, и решение в момент времени t_j получается преобразованием подобия того же решения, взятого в момент t_i (рис. 2 а).

Автомодельные решения в *LS-режиме* при $\xi \rightarrow \infty$ имеет степенную асимптотику :

$$\Theta(\xi, \varphi) \xrightarrow[\xi \rightarrow \infty]{} C(\varphi) \cdot \xi^{-p}, \quad p = 2/(\beta - \sigma - 1) > 0, \quad (13)$$

где $C(\varphi)$ – является константой для радиально-симметричных структур, и функцией угла для двумерных СФ. Асимптотика (13) описывает предельное распределение температуры (или плотности) при $t \rightarrow \tau$:

$$u(r, \varphi, t) \xrightarrow[t \rightarrow \tau]{} C(\varphi) r^{-p}. \quad (14)$$

Чем ближе время к моменту обострения, тем ближе прижимается СФ к предельному асимптотическому распределению (14) (рис. 2 а).

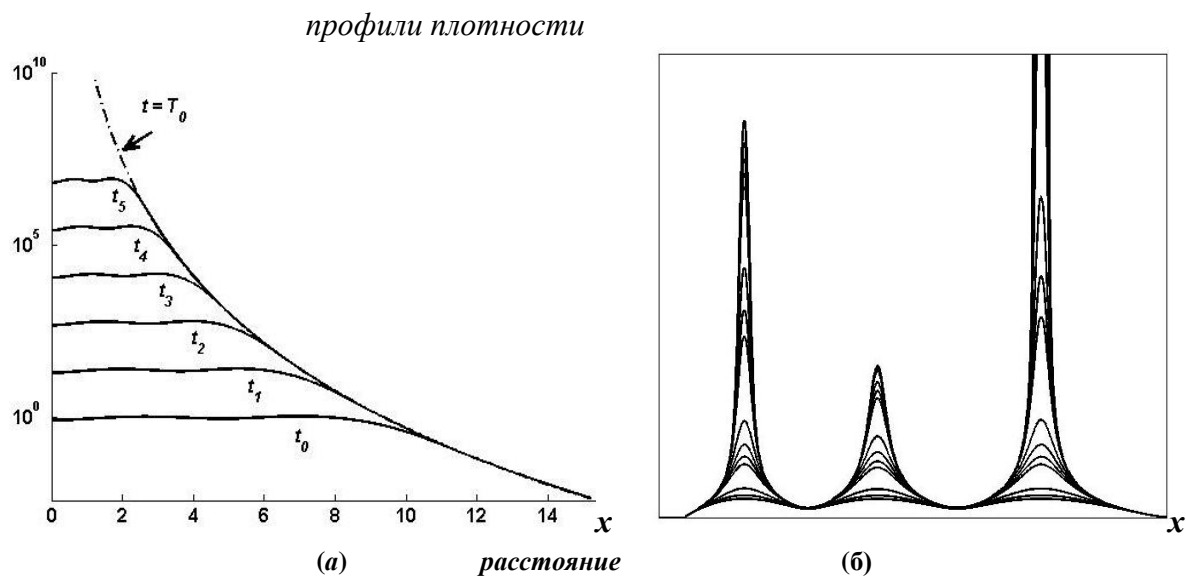


Рис. 2. а – Эволюция четвертой радиально-симметричной СФ. Штрих пунктирная линия показывает предельное распределение плотности в момент обострения; **б** – Графики роста структур, живущих в разных темпомирах

Исследования показали, что существует конечный строго определенный набор (спектр) автомодельных решений, или собственных функций (СФ), число m которых зависит от значений параметров σ и β [16-21]. Все они имеют один момент

обострения и отличаются друг от друга архитектурой, симметрией, принципом расположения максимумов, формой и размером областей локализации. Чем ближе значение β к $\sigma+1$ ($\beta > \sigma+1$), тем больше разных структур имеется в спектре. Говорят, что *в нелинейной среде существует организация, состоящая из синхронно развивающихся, с одним моментом обострения, СФ* [25]. В спектре всегда присутствует первая СФ $\Theta_1(\xi)$ – простая структура с одним максимумом в центре (рис. 3а).

Существуют радиально-симметричные СФ $\Theta_j(\xi)$, имеющие вид концентрических волн (рис. 3 б, в) и различные двумерные СФ. Двумерные СФ представляют собой сложные структуры с необычной формой области локализации, объединяющие в себе два, три и более максимумов. Они обладают симметрией и строго определенным порядком в расположении максимумов. Существуют структуры, максимумы которых расположены в вершинах правильных многоугольников (рис. 3г) и структуры, максимумы которых располагаются параллельными рядами (рис. 3 д), а также существуют более сложные структуры со многими максимумами, и структуры, содержащие внутри себя «дырки» (рис. 3 е).

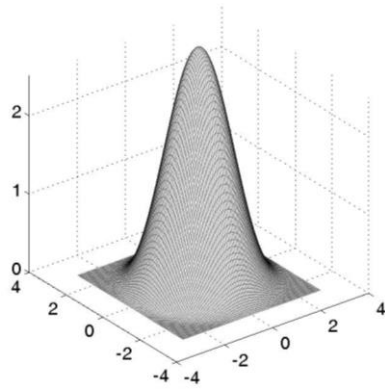
СФ обладают разной степенью устойчивости и разной областью притяжения. В целом можно утверждать, что любое решение, инициированное начальным возмущением, стремится выйти на автомоделный режим, и развиваться в соответствии с той или иной СФ.

Самой устойчивой СФ, с наиболее широкой областью притяжения является простая структура с одним максимумом. Другой устойчивой структурой, правда с существенно меньшей областью притяжения (пространственное распределение должно быть близко к ней) является радиально-симметричная структура в виде бублика с «дыркой» в центре. Все остальные сложные СФ являются метастабильно устойчивыми структурами: они могут долго развиваться, сохраняя свою архитектуру, но распадаются при небольших возмущениях, превышающих критические. Чем сложнее структура, тем меньше время ее существования, тем быстрее она разваливается.

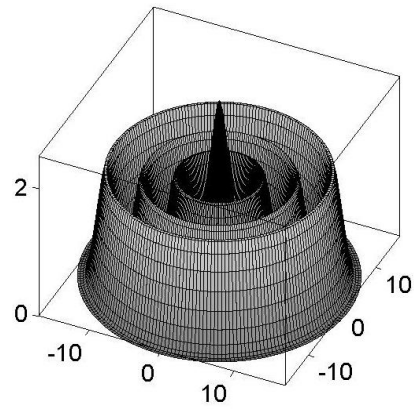
13. ДИНАМИКА РЕЖИМОВ С ОБОСТРЕНИЕМ. ТЕМПОМИРЫ И ПРИНЦИП КОЭВОЛЮЦИИ

Одной из главных характеристик структуры, развивающейся в режиме с обострением, является ее момент обострения. Чем ближе к моменту обострения, тем быстрее происходит рост структуры. Это означает, что *структуру с меньшим моментом обострения, никогда не сможет догнать структура, у которой он больше, разрыв между ними увеличивается все быстрее и быстрее*, и на стадии взрывного роста первой структуры, вторая – фактически застывает, не развивается по сравнению с первой. Говорят, что эти структуры живут в разных *темпомирах* (рис. 2 б).

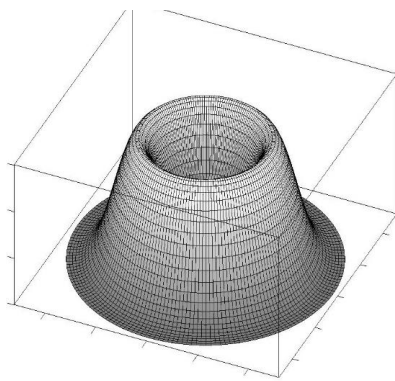
Время обострения простой структуры определяется ее высотой, чем она выше, тем быстрее развивается и тем меньше жить ей осталось. Казалось бы, что простые структуры, имеющие разную высоту, а значит и разные моменты обострения, не могут быть объединены в сложную структуру, имеющую единый для всех ее частей момент



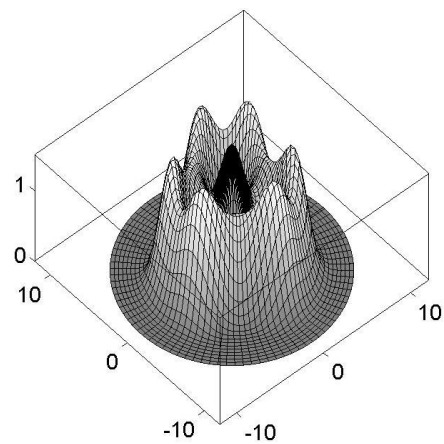
(a)



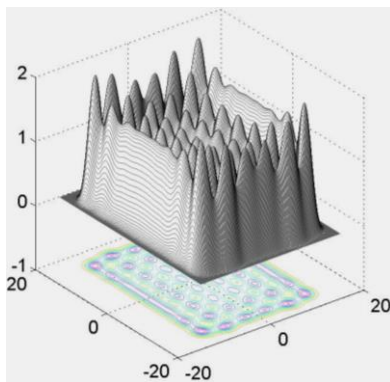
(б)



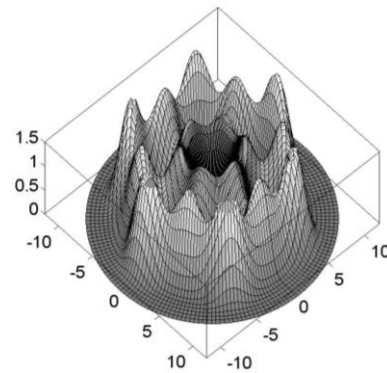
(в)



(г)



(д)



(е)

Рис. 3. Локализованные двумерные структуры: (а) простая структура с одним центральным максимумом; (б) радиально-симметричная структура с главным максимумом в центре; (в) структура с дыркой в центре; (г) сложная структура, порядок симметрии 3; (д) сложная структура, имеющая строение типа «авеню – стрит»; (е) сложная структура с дыркой в центре, порядок симметрии 6

обострения. Однако это не так. Сложные СФ как раз представляют собой такие структуры – они являются объединением простых структур с разными максимумами в единую структуру, имеющую определенную архитектуру, энергию связи и момент обострения.

Другой важнейшей характеристикой структуры является ее область локализации, имеющая определенную форму и размер, или, как принято говорить, *фундаментальную длину*. Если области локализации отдельных структур не пересекаются, то структуры развиваются независимо со своим моментом обострения, как показано на рис. 2 б. Если области локализации пересекаются, то структуры начинают взаимодействовать (то есть пространственный профиль всего распределения плотности начинает перестраиваться). В этом случае может произойти либо их объединение в более сложную структуру, либо одна структура может поглотить другую структуру, либо обе структуры могут разрушиться, а на их месте сформируется новая структура.

Рассмотрим, как происходит формирование структур на ранних стадиях эволюции из достаточно произвольных начальных распределений. Расчеты показали, что вначале за счет процессов диффузии идет глобальная перестройка профиля начального распределения, которая может сопровождаться его значительным растеканием (рис. 4). Затем растекание прекращается и начинается формирование и рост одной, двух и более простых или сложных структур.

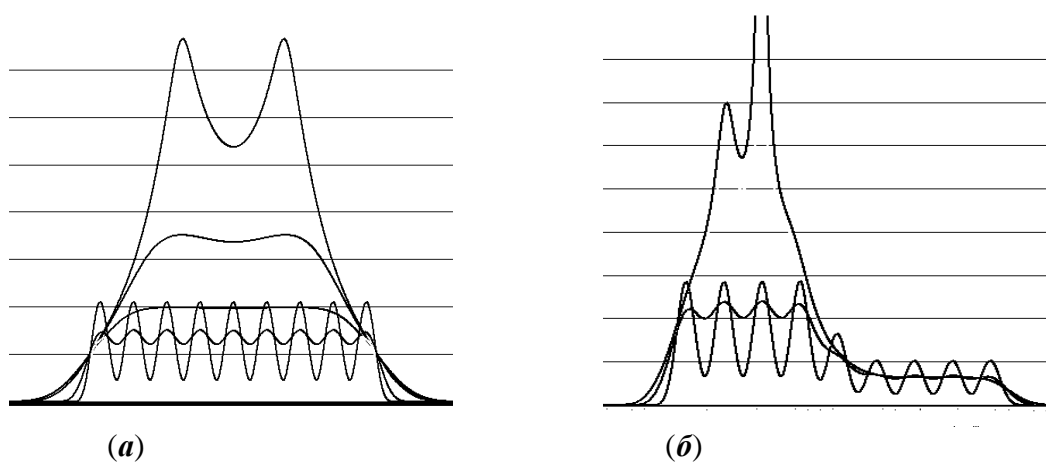


Рис. 4 Формирование структуры с двумя максимумами а) правильное объединение б) неправильное объединение, в сформировавшейся несимметричной структуре с двумя максимумами рост одного максимума начинает опережать рост другого

На рисунке 4 а показано формирование структуры с 2-мя максимумами из начального синусоидального распределения плотности, имеющего много максимумов. Сформировавшаяся СФ развивалась по автомодельному закону почти до момента обострения. На рисунке 4 б показан пример другого расчета, в котором образовалась несимметричная структура с 2-мя максимумами, которая жила не долго, потому что не соответствовала симметричной СФ. В итоге более высокий максимум оторвался от

меньшего максимума и стал развиваться в более быстром темпе; он и определил динамику развития всей структуры.

Таким образом, для данной нелинейной среды с заданными параметрами существует строго определенный набор конфигураций, в которые можно объединять простые структуры, и этот набор определяется спектром СФ. *Совокупность всех сложных СФ*, развивающихся в одном темпе или «живущих» в одном темпомире, представляет собой *организацию* нелинейной среды. Иными словами, сложные СФ являются «правильным» объединением простых структур с разными максимумами, при котором все части структуры развиваются синхронно в одном темпомире. Это выдвинутый С.П. Курдюмовым *принцип коэволюции, принцип нелинейного синтеза или принцип объединения простых структур в сложные* [25].

Подавляющую часть времени своего существования система проводит на квазистационарной стадии режима с обострением (рис. 1), где преобладают диффузионные процессы и прирост крайне мал. На этой стадии плотность очень низкая во всей области локализации, почти равномерное распределение со слабыми широкими и еле заметными локальными максимумами, спадающее до нуля на периферии (рис. 2а, кривые t_0, t_1). Бурный рост начинается вблизи момента обострения, но он крайне неравномерен по пространству. Некоторые точки растут очень быстро, другие медленнее, третьи еще медленнее. Эффективная ширина (полуширина) структуры сокращается (рис. 2а, кривые t_2-t_5). Рассмотрим, как растет плотность в точке М, находящейся на расстоянии r от центра. Чем дальше она находится от центра, тем меньше она вырастет за все время существования, и наоборот, чем ближе к центру, тем сильнее рост. Амплитуда роста ограничена предельной кривой (17), на рис. 2а представленной штрих-пунктирной линией. Предельное распределение плотности (14) имеет степенной характер, и является распределением Парето с показателем $p > 1$, для выбранных значений параметров (9). *Со временем выпадают из развития все большие и большие элементы системы*, и вся эволюция системы начинает определяться развитием немногих центральных точек. *Энергия кумулируется в центре*. Сначала выпадают самые далекие точки с самой низкой плотностью, затем точки, находящиеся чуть ближе к центру и имеющие большую плотность, затем точки находящиеся еще ближе к центру. И это происходит вплоть до момента обострения, при котором асимптотически обращается в бесконечность плотность только в одной точке – центре структуры. Таким образом, развитие, описываемое автомодельным решением на развитой стадии процесса, приводит к сосуществованию в одной структуре передовых мощно развивающихся и определяющих эволюцию подсистем и мелких отсталых давно выпавших из развития элементов. Это свидетельствует также о сильном внутрисистемном расслоении, когда теряется понятие образа некоторого среднего элемента системы.

Все сложные структуры по мере приближения к моменту обострения начинают распадаться. Это происходит потому, что в любой сложной системе случайно возникают те или иные возмущения. Но, на ранних стадиях развития время течет медленно, и преобладают диффузионные процессы, возмущения не развиваются или разглаживаются. Совсем другое дело, когда начинается бурный рост структуры, и

сокращаются эффективные пространственно-временные масштабы, тогда все более мелкие возмущения не успевают разглаживаться и начинают с ускорением расти, что приводит к дисбалансу всей системы. Правильная симметричная организация сложной структуры нарушается, внутренние связи между отдельными ее составляющими подсистемами ослабевают. Одни части структуры начинают развиваться быстрее, развитие других наоборот замедляется, единство системы нарушается, разрывы в скоростях роста увеличиваются, быстро растет расслоение. В результате структура рассыпается на отдельные части, развивающиеся в своем темпомире.

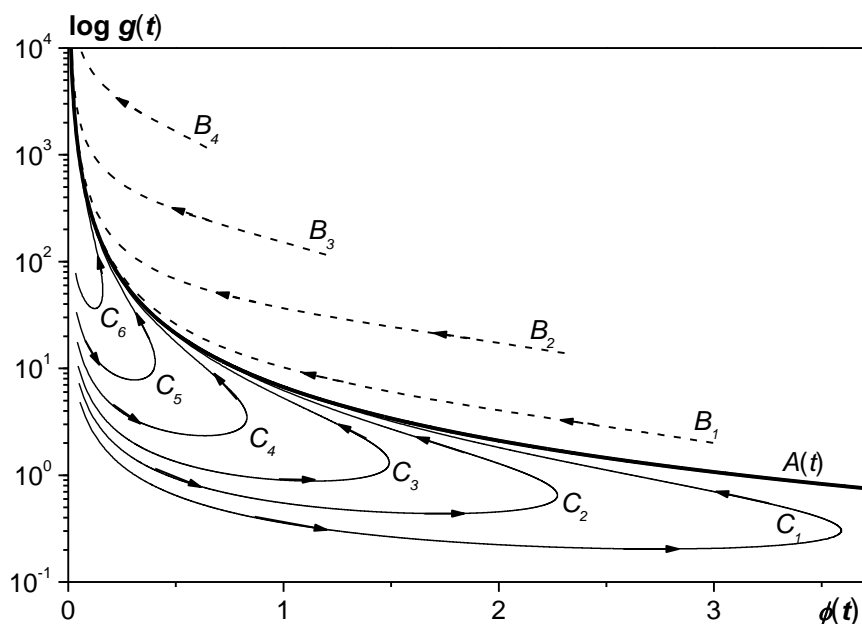


Рис. 5. Фазовая плоскость системы. $A(t)$ – автомодельная траектория; B_i, C_i – траектории системы; C_i – циклы

Рассмотрим эволюцию произвольных финитных начальных распределений. Наглядное представление о возможных путях развития дает фазовая плоскость системы, где любое решение характеризуется всего двумя числами (координатами): амплитудой $g(t)$ – значением функции $u(M, t)$ в максимуме и значением ее полуширины $\phi(t)$.

На рисунке 5 показаны, результаты расчетов выхода простых начальных распределений с одним максимумом на автомодельный режим – первую СФ. Решения, соответствующие разным начальным данным, представляют собой траектории на фазовой плоскости $(\phi(t), g(t))$. Стрелки указывают направление движения точки вдоль траекторий с течением времени. Траектория, отвечающая автомодельному решению $A(t)$, изображена жирной линией; она описывает основной тренд - рост в режиме с обострением и сокращение полуширины в соответствии с формулами (9), (10). Видно, что все траектории со временем приближаются к автомодельной траектории, то есть стремятся выйти на автомодельный закон развития.

Рисунок 5 качественно отражает и динамику развития сложных структур в режиме с обострением.

Автомодельная траектория $A(t)$ является критической кривой – границей на фазовой плоскости, где могут происходить пертурбации с системой. Мы видим, что эволюция системы зависит от того, находится ли начальная точка, изображающая систему выше или ниже автомодельной траектории. Если начальная точка находится ниже, то траектория представляет собой цикл (траектории C_i).

Рассмотрим один цикл. Цикл включает в себя *эволюционную* (в узком смысле) *стадию развития*, предполагающую саморазвитие новых возникших структур, их усиление и рост, а также – *«революционную стадию развития»*, когда во время кризиса (хаотизации), на обломках разрушенных структур возникают структуры, имеющие новые качества. В первом случае преобладают детерминированные процессы, нарастают количественные изменения, система находится в равновесном состоянии с увеличивающейся энтропией. Рост системы происходит в режиме кумуляции, когда система мощно перекачивает энергию, ресурсы из внешней среды. Это стадия быстрого роста. Здесь происходит выход решения на автомодельный режим, для которого характерен опережающий рост амплитуды в центре распределения и сокращение полуширины (см. верхние ветви траекторий C_i). Равновесное состояние – лишь метастабильно устойчиво, и энтропия системы увеличивается. Рост энтропии в реальных системах связан как с увеличением числа элементов и их разнообразием, так и с усилением неравномерности развития, ведущего к потере баланса, упорядоченности и эффективности. Периферия системы все больше «отстает» от центра. На фоне взрывного роста происходит накопление ошибок, что ведет к усилению неустойчивости, система приближается к неравновесному состоянию, становится более восприимчивой для флуктуаций, новшеств ориентированных на кардинальное изменение условий ее развития, которые на первом этапе ее развития подавляются за счет самоорганизации. Вблизи линии бифуркации (автомодельная траектория A) случайные возмущения могут либо привести к деградации и разрушению системы, на обломках которой возникнет новый цикл развития (траектории C на рис. 5), либо система обновится и продолжит свое развитие (траектории B).

Катастрофический исход вблизи линии бифуркации, приводящий к кризису и переходу на новый цикл развития, более вероятен. Здесь резко возрастает энтропия системы, что ведет к потере устойчивости и разрушению. На начальном этапе разрушения энтропия выплескивается в окружающую среду, резкое падение энтропии снижает способность к адаптации и еще больше ускоряет процесс разрушения. Инновации, которые подавлялись на эволюционной стадии развития, теперь начинают в большом количестве появляться и развиваться. Идет процесс отбора на конкурентной основе, и подавляющее количество инноваций гибнет, выживают лишь немногие, наиболее эффективные и приспособленные к сложившимся условиям. Инновации подстраиваются друг к другу, начинают дополнять и сотрудничать, образуются новые структурные и функциональные цепочки. Инновации начинают распространяться и на периферию, что в модели описывается расширением области распределения плотности, которое сопровождается сначала уменьшением, а затем постепенным ростом

амплитуды (см. нижние ветви траекторий C_i). Завершением «революционной» стадии можно считать точку поворота траектории на фазовой плоскости: растекание останавливается, и распределение локализуется в некоторой области. При этом, как видно из рисунка, чем меньше амплитуда начального распределения, тем шире область растекания.

В целом, устойчивость сложных систем определяется балансом между цементирующими ее связями и флуктуациями, выводящими ее из состояния равновесия. В случае выхода за пределы устойчивого состояния система оказывается в точке бифуркации. Именно здесь происходит процедура выбора дальнейшего пути эволюции, на который могут повлиять даже незначительные флуктуации. В точке бифуркации господствует «его величество случай», который толкает систему на новый путь развития. Из огромного числа вариантов возможного будущего выбирается единственный для настоящего, снова вступает силу детерминизм. Именно в период кризиса одна из многих новаций воспринимается системой и становится «приводным механизмом» нового инновационного цикла, в модели формируется новая сложная структура.

14. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ОБЩЕСТВА. ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЙ ТРЕНД И ИСТОРИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

Множество простых и сложных собственных функций, развивающихся с одним моментом обострения, образует сложную иерархическую *нелинейную организацию*, представляющую собой «структуру структур». Рассматривая эволюцию этой организации, мы будем интересоваться самым верхним уровнем этой системы, представляющим объединение всех структур (блоков, государств, союзов, городов и т.д.) в единую Мир-Систему. Изучение истории показало [11], что Мир-Система на разных этапах эволюции человеческой цивилизации имела один центр, где происходило наиболее бурное развитие и концентрация населения. В настоящее время мы наблюдаем постепенный «закат» западной цивилизации и смещение центра Мир-Системы на Восток. Единую Мир-Систему будем рассматривать как *простую структуру с одним максимумом* (центром цивилизации в нашей интерпретации) и исследовать изменение ее амплитуды и полуширины со временем. При этом функция $u(M, t)$ интерпретируется как некоторая усредненная плотность населения, имеющая максимум в центре цивилизации.

Также будем следить за главной интегральной характеристикой Мир-Системы – общей численностью людей. Напомним, что количественно модель должна описывать рост общей численности в режиме с обострением (1) и исторические циклы в соответствии с таблицей 1.

Анализ показал, что параметры σ и β должны удовлетворять следующим соотношениям:

$$0 < \sigma < 1, \quad \beta = \frac{\sigma + 5}{3}. \quad (15)$$

При определении коэффициентов χ_0 и q_0 учитывались размеры Мир-Системы и гиперболический закон роста. Коэффициент q_0 в модели фиксировался, тогда как коэффициент диффузии χ_0 скачкообразно изменялся в процессе эволюции. Последовательность значений χ_0 подбиралась для получения циклического характера эволюции системы в соответствии с требованием (2). С точки зрения глобальной демографии скачкообразное увеличение χ_0 при переходе к следующему витку эволюции имеет разумную интерпретацию в терминах усиления обменных процессов в Мир-Системе с развитием, в том числе скорости миграции людей, обмена информацией, технологическими и культурными достижениями и т.д.

Таблица 2

	χ_0
1.	3.86208
2.	5.79312
3.	10.29888
4.	15.44832
5.	24.88896
6.	37.97712
7.	54.06912
8.	70.80480
9.	84.96576
10.	88.82784
11.	90.75888
12.	94.83552

В результате были подобраны следующие значения параметров:

$$\sigma = 0.4, \beta = 1.8; \quad (16)$$

$$q_0 = 2.3484 \times 10^{-10}. \quad (17)$$

Значения коэффициента χ_0 приведены в таблице 2.

Отметим, что подобранные значения основных системных параметров σ и β соответствуют наличию в спектре единственной простой структуры с одним максимумом. В нашей интерпретации это означает, что Мир-Система имеет единственный «центр цивилизации». Однако сколь угодно малое изменение параметров может привести к появлению второй СФ с двумя горбами, поскольку выбранные значения лежат на границе диапазонов существования одной и двух

СФ. Это также укладывается в рамки представлений об эволюции человечества в «двухполюсном» мире, имеющем центры развития, которые можно условно обозначить как Восток и Запад.

Сценарий эволюции

Циклический ход эволюции системы наиболее наглядно представлен на рисунке 6. На нем отображена траектория решения на фазовой плоскости $(\varphi(t), N(t))$, где $\varphi(t)$ – это полуширина получаемого профиля, а $N(t)$ – интеграл от решения по пространству, имеющий смысл общей численности населения. Каждое последующее увеличение χ_0 приводит к тому, что структура, находящаяся на этапе роста амплитуды и сокращения полуширины, опять начинает «растекаться» по пространству; затем фронт достигает нового размера области локализации, и начинается стадия быстрого роста амплитуды и сокращения области роста; на фазовой плоскости формируется новый виток траектории. Таким образом, в ходе последовательного увеличения χ_0 несколько раз происходит чередование стадий растекания и, наоборот, сокращения структуры, характеризующегося быстрым ростом амплитуды и интеграла.

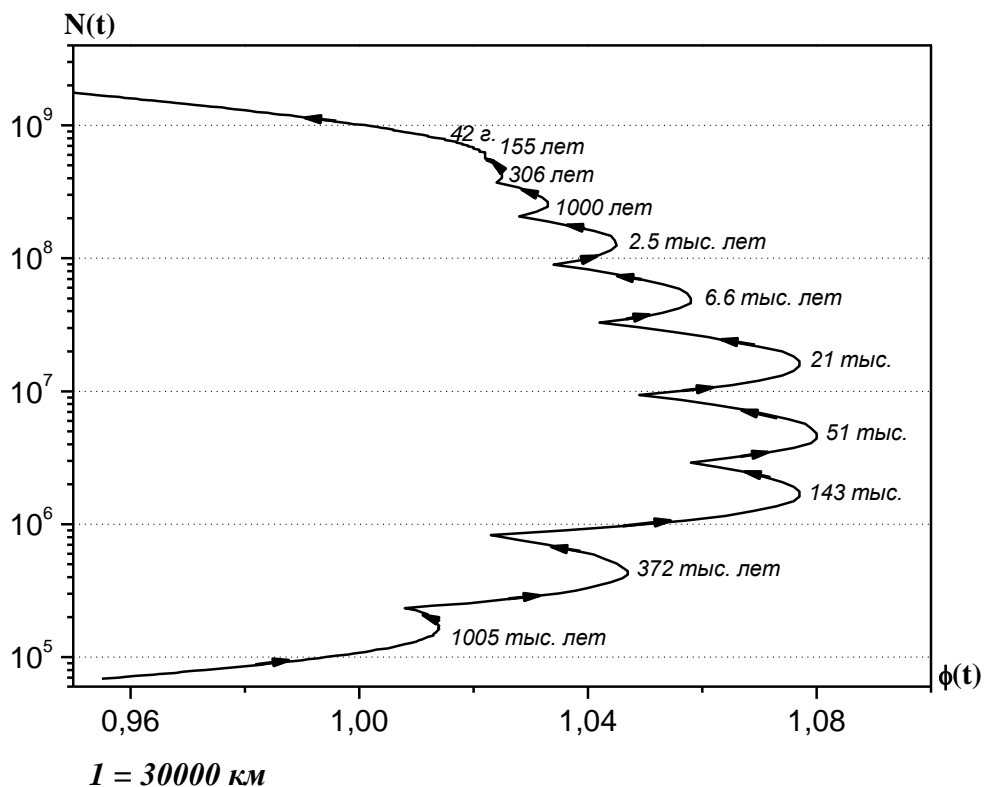


Рис. 6. Глобальные исторические циклы на фазовой плоскости

С точки зрения глобальной демографии этот сценарий развития можно проинтерпретировать следующим образом. Увеличение параметра χ_0 соответствует качественному скачку в характере и скорости обменных процессов в человеческом сообществе. Это приводит к тому, что в динамике глобальной демографической системы начинает превалировать тенденция к миграции, дальнейшему расселению людей, распространению технологических достижений, информации и т.д. Этот этап отвечает стадии «растекания» профиля системы по пространству, то есть на фазовой плоскости происходит движение по нижней ветви соответствующего витка траектории. Затем на смену этой стадии приходит следующая: постепенно начинает проявляться стремление к централизации, к «конденсации» людей в местах наибольшей концентрации населения, где, в свою очередь, происходит самое интенсивное технологическое и культурное развитие. На фазовой плоскости при этом происходит поворот траектории и движение в сторону уменьшения полуширины, то есть по верхней ветви витка.

Продолжительность каждого витка траектории согласуется с длительностью основных исторических эпох (таблица 1). Как видно из рисунка, интеграл $N(t)$ достигает значений 10^k в рамках указанных в таблице эпох.

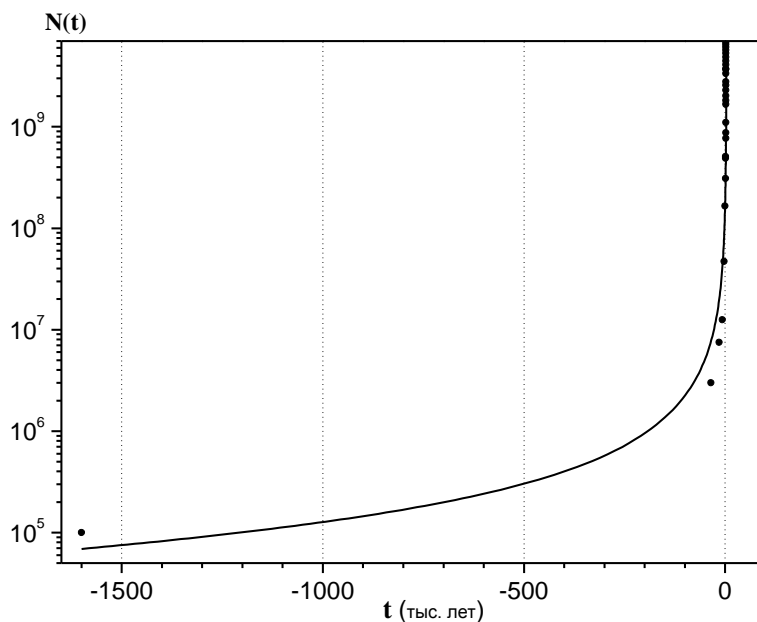


Рис. 7. Рост общей численности населения: сплошная линия — расчетная кривая, точки — демографические данные

На рисунке 7 показан рост общего интеграла $N(t)$. Точками обозначены демографические данные для населения Земли в разные моменты времени. Видно, что расчетная кривая вполне соответствует количественным показателям. Обратим внимание на следующий факт. Демографические данные говорят о том, что, несмотря на многочисленные внешние и внутренние воздействия — стихийные бедствия, войны, пандемии и т.д. — человечество на протяжении всей истории своего существования демонстрировало *устойчивый гиперболический рост* [16]. Это означает, что, несмотря на циклическую динамику системы, ее общий интеграл должен неизменно расти по гиперболическому закону. Предложенная модель циклического развития полностью удовлетворяет данному свойству: как видно из рис.6, интеграл возрастает в режиме с обострением, не претерпевая никаких переломов.

Заметим также, что фазовый портрет (рис.6) имеет иерархическую структуру. Все исторические циклы ложатся на глобальный цикл: сначала происходит смещение петель вправо, то есть идет глобальное растекание, затем в районе Неолита растекание завершается и начинается рост интеграла, сопровождающийся уменьшением полуширины.

Посмотрим теперь, как соотносятся между собой длительности исторических циклов полученных в расчетах. В соответствии с периодизацией С.П. Капицы и табл. 1 они представляют собой геометрическую прогрессию со знаменателем около 3: при переходе от цикла к циклу численность примерно утраивается, а период во столько же раз уменьшается. Это наглядно видно на рис.8, на котором изображен рост интеграла в двойной логарифмической шкале времени. Точками на графике обозначены те моменты, которые соответствуют началу нового витка фазовой траектории, или нового исторического цикла. Все исторические циклы вплоть до начала демографического перехода имеют в этой шкале одинаковую длительность. Расчеты показывают, что

точка сгущения циклов – сингулярность Дьяконова приходится на 2026 – 2027 г., что отвечает результатам других исследований.

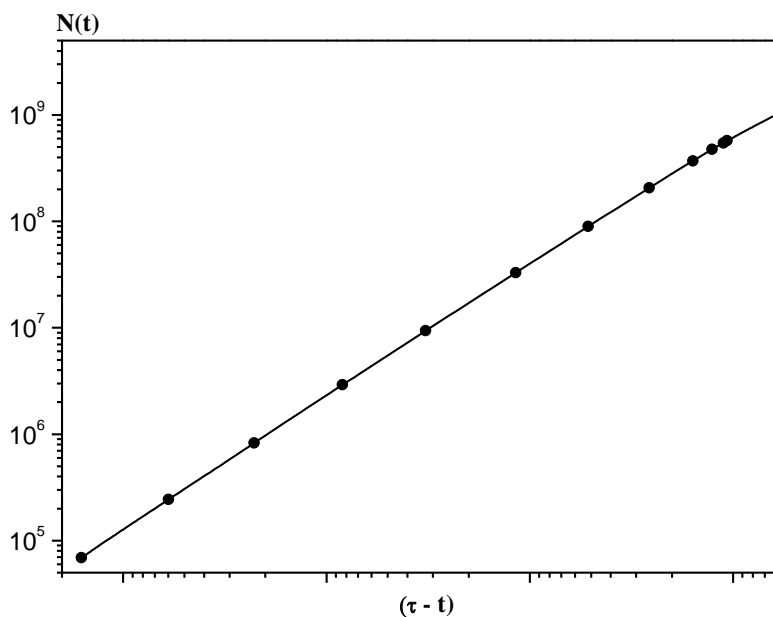


Рис. 8. Рост интеграла $N(t)$ в двойной логарифмической шкале. Точками отмечены начала исторических циклов

15. ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА В РАЗНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ

Описанная выше динамика режимов с обострением, законы развития простых и сложных структур адекватно описывают эволюцию структур расселения людей по Земле, а также во многом отражает социальную эволюцию Мир-системы.

Как было показано выше, историки связывают начало гиперболического роста с ближневосточной неолитической революцией. Но возможно он начался и еще раньше. С.П. Капица, например, связывает его с началом социализации древнего человека в Олдувае примерно 1,6 млн. лет назад. В это время происходит скачок в развитии человека: формируется разум, возникает речь и коллективное поведение, человек овладевает огнем, начинает изготавливать орудия труда. Эти преимущества позволяют древнему человеку успешнее выживать в конкурентной борьбе за существование с другими популяциями и расширять свою нишу обитания, начинается медленный гиперболический рост. Человечество, зародившееся в Африке, расселяется по всей Земле и начинает развиваться в ускоряющемся темпе.

Рассмотрим основные этапы расселения людей и характеристики системы на каждом этапе. В истории человечества можно выделить четыре основных этапа расселения людей: *пионерский*, *экстенсивный*, *интенсивный* и *постинтенсивный*, которые в нашей модели соответствуют разным стадиям развития в режиме с обострением.

Начало гиперболического роста. Пионерский этап расселения. Доклассовое общество. Пионерское расселение первобытного человека было вызвано необходимостью. Выловив и собрав все съестное в данном районе, человек

передвигается в соседние районы, богатые пищей и удобные для проживания. Человеческое общество представлено здесь отдельными слабо связанными между собой племенами. Это эпоха доклассового общества – эпоха охотников и собирателей. Для нее характерна низкая плотность населения и общинная родовая организация человеческого общества. Человек полностью зависел от природы, шла его постоянная борьба за выживание. Излишки средств существования отсутствовали, что обуславливало уравнилительный характер распределения добываемых ресурсов. Человек был частью экосистемы и отличался от других стайных хищников, по существу, лишь умением использовать для собственных нужд огонь и примитивные орудия труда. Численность популяций древних охотников и собирателей колеблется вокруг некоторого среднего значения, определяемого отношением коэффициентов скорости рождения и гибели. Поскольку охотники и собиратели потребляли то, что было произведено в природе без их участия, численность их популяции определялась внешними условиями, повлиять на которые они были не в состоянии. Этим обусловлена относительная постоянность численности населения Земли на протяжении всего каменного века до эпохи неолита.

В модели заселение человеком Земли соответствует растеканию начального возмущения, которое происходит за счет сильного преобладания диффузионных процессов над процессами роста, и охватывает несколько самых длинных эпох. Локальный максимум выражен слабо, имеет место почти равномерное распределение плотности внутри области, и лишь медленное ее уменьшение при приближении к границам. Интеграл $N(t)$, описывающий общую численность первобытных людей, почти постоянен, и только на больших временах можно увидеть, что он медленно растет по гиперболическому закону (1). Это квазистационарная стадия развития режима с обострением.

Уже на этой стадии эволюции человечества проявились все характерные системные явления: информационный характер развития, выраженный в распространении новых типов орудий труда и смены эпох, сокращение масштабов исторического времени и длительности циклов, медленный гиперболический рост и др. Развитие человечества происходило удивительно синхронно и самоподобно для таких огромных пространственных масштабов и 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.

Неолитическая революция или первый системный фазовый переход. Экстенсивный этап расселения. Начало формирования структур. Постепенно в модели происходит выход решения на автомодельный режим, заканчивается стадия растекания и перестройки пространственного распределения плотности. Установление автомодельного решения, для которого характерно сокращение полуширины области распределения и опережающий рост плотности в центральной части структуры, соответствует фазовому переходу в глобальной системе человечества. Эта *бифуркация происходит в неолите*, когда древний человек из охотника и собирателя превращается в скотовода и земледельца и начинает вести более оседлый образ жизни. Начинают формироваться регулярные сети поселений с устойчивыми коммуникациями между

ними. Экстенсивному типу соответствует сельское расселение; города только начинают возникать, и их главной функцией становится организация и обслуживание окружающих сельских местностей. Выбор месторасположения населенных пунктов в значительной мере продолжает зависеть от природных условий, в то же время *начинают возникать устойчивые системные взаимосвязи и формируются иерархические уровни.*

Развитие скотоводства и земледелия приводят к появлению излишков продуктов и меньшей зависимости людей от капризов природы. Резко увеличивается плотность населения в местах, благоприятных для проживания, и усиливается борьба между племенами за территорию, возникают границы, начинаются междоусобные войны. В общественном устройстве происходят существенные сдвиги: общество раскалывается на классы и сословия, появляются феодалы, крестьяне, воины и др.

Этот период развития режима с обострением в модели охватывает несколько эпох в истории человечества, от неолита до эпохи средних веков, до появления капиталистического общества, и описывает процессы формирования структур (княжеств, городов, государств, империй и т.д.) на разных пространственных масштабах. 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. 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. Несколько структур, находящихся в правильной пространственной конфигурации, формируют единую метастабильно устойчивую сложную структуру – империю. Совокупность взаимодействующих структур, связанных обменными процессами, развивающихся примерно в одном темпоре, образуют организацию, или Мир-Систему.

На начальной стадии становления сложной структуры важна топологически правильная ее организация, описываемая одной из собственных функций данной нелинейной среды. При неправильном, нерезонансном объединении в связи с возрастанием неустойчивости с развитием быстрый рост структуры приводит к ее распаду. Распад быстро растущей структуры, имеющей меньший характерный размер, сопровождается ее поглощением меньшими «более отсталыми» окружающими структурами, у которых область влияния шире. Так может быть объяснено порабощение высокоразвитых народов народами, стоящими на более низком уровне развития, 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.

Докапиталистическое классовое общество внешне было очень изменчивым (перекраивались государства и 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.

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

Взрывной рост населения в режиме с обострением (рис. 1), а также целого ряда экономических показателей характеризует последний завершающий этап эволюции нашей цивилизации вплоть до демографического перехода. Мощное развитие индустрии, науки вообще и медицины в частности, образования, приводят к улучшению качества жизни и снижению смертности, что и является причиной резкого увеличения общего числа людей. Бурный рост населения сопровождается усилением неравномерности пространственного распределения и его скоплением в городах, при этом доля населения живущего в сельской местности и занимающегося сельским хозяйством резко сокращается.

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.

Развитая стадия режима с обострением сопровождается быстрым сокращением пространственных и временных масштабов и сильной неустойчивостью. 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 системное 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 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. Примером могут служить так называемые изоляты, находящиеся на неолитической стадии развития.

В капиталистическое время войны – это следствие общей неустойчивости роста и сокращения эффективных областей влияния, приводящей к распаду сложных структур, переходу более слабо развитых 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 со структурами-вассалами, то капиталистическое государство направлено в большей степени вовнутрь. По мере приближения к демографическому фазовому переходу военные функции государств замещаются все в большей степени полицейскими функциями и активностью спецслужб.

Развитие современного мира на стадии взрывного роста 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, СССР или Югославии (СФРЮ)) выглядит вполне закономерным и может быть описан в терминах развития неустойчивости эволюции вблизи момента обострения. Отдельные части (республики, регионы, национальные образования и т.д.) распавшейся сложной структуры начинают развиваться самостоятельно или включаются как составная часть в другую близлежащую структуру. Так произошло и с республиками бывшего СССР. Среднеазиатские республики и республики Кавказского региона выделились в самостоятельные демографические образования, и начали развиваться в своем более медленном темпомире, что привело их к отставанию. Им потребуется еще немало лет, чтобы выйти на тот уровень развития, которого они достигли к концу существования СССР. Республики Балтии, напротив, окончательно выпали из сферы влияния России, но активно включились в совместное развитие с европейскими странами, что привело к увеличению скорости их развития. На начальном этапе включения экономически менее развитых стран в союз с более развитыми странами, по мнению авторитетных аналитиков (Б.Н. Зимин), наиболее развитые страны проигрывают от такой интеграции, а наименее развитые – выигрывают. Это находит достойное объяснение в нашей модели. При возникновении новой структуры изменяются параметры системы, и она переходит к началу нового цикла, на первом этапе которого происходит усиление именно периферии и некоторый упадок центра.

Завершение эпохи роста. Демографический переход или второй системный фазовый переход. Развитие мировой системы по мере приближения к моменту обострения становится все более неустойчивым, сопровождается целым рядом негативных процессов, ведущих к разрушению целостности системы. Одновременно внутри системы вырабатываются силы, препятствующие ее саморазрушению и стремящиеся перевести ее в качественно другое состояние. В настоящее время происходит *бифуркация смены режимов цивилизационного развития*, индикаторами которого стали демографический переход и сегодняшний мировой экономический кризис.

Понятно, что режим с обострением раньше или позже заканчивается, не дойдя до момента обострения, потому что с неизбежностью включаются факторы, ограничивающие рост функции до бесконечности. Для системы человечества ограничение могло бы быть связано с потолком несущей способности Земли при существующем уровне жизнеобеспечивающих технологий, как утверждал Томас Мальтус. Однако мы видим, что демографический переход начался задолго до этого и нас в несколько раз меньше, чем в принципе может прокормить наша планета при существующих технологиях.

Как показали исследования, демографический переход связан с резким падением рождаемости, когда на одну женщину приходится менее двух детей в развитых странах.

Перечислим некоторые основные глобальные явления, сопровождающие бурный рост развития в режиме с обострением и переводящие мировое сообщество к другому типу развития.

1. *Демографический взрыв и увеличивающееся давление мировой системы на биосферу.* Численность человечества за последние 100 лет увеличилась почти на пять млрд. и продолжает расти, а его хозяйственная деятельность начала влиять на биосферу. Сильно возросли мощности, объемы и скорости, слишком много накопилось оружия и отходов. Наша планета стала для нас маленькой и хрупкой, человеческая деятельность начала оказывать необратимые влияния на климат: исчезли некоторые реки и озера, исчезли многие виды флоры и фауны. Техногенные катастрофы стали частыми и мощными, наносящими значительный урон природе и человеку. Как следствие этого, все народы стали более взаимосвязаны и взаимозависимы друг от друга, через политику, экономику и экологию, число проблем, становящихся глобальными, возрастает. Необходимо договариваться и действовать согласованно. *Глобализация – это мощный объективный процесс, зародившийся внутри системы, препятствующий ее разнесу!*

2. *Предельная скорость развития и предельное сжатие исторического времени.* Темп течения исторического или системного времени, который воспринимается по интенсивности динамики событий, настолько возрос, что человеческое сознание не поспевает адаптироваться к новой постоянно меняющейся социальной среде. Отсюда кризис сознания, как отдельной личности, так и общественного сознания, кризис культуры, морали и нравственности.

3. *Усиление обменных процессов.* Эволюция человечества сопровождается усилением миграционных процессов населения и резким увеличением скорости

товарных, денежных и информационных потоков. При всей стабилизирующей роли усиливающихся диффузионных процессов, возникают новые крупные проблемы, связанные с межэтническими конфликтами и перераспределением между странами трудовых ресурсов.

4. *Усиление пространственной неоднородности и процессов концентрации в отдельных местах.* Усиление процессов концентрации вещества, энергии и информации в отдельных центральных местах является одним из основных законов эволюции. Как следствие этого происходит усиление пространственной неоднородности, рост территориальных асимметрий и диспропорций, пространственного расслоения общества. За последние годы наметилась четкая тенденция к концентрации мировой экономической мощи в сравнительно небольшом числе крупных городов наиболее развитых стран сочетающаяся с расширением и ускорением развития городских сетей по всему пространству мирового хозяйства (55 global cities). Крупные города развиваются намного быстрее, чем все остальные. Это центры быстрого развития, оторвавшиеся от остального человечества, выпавшие в другой темпомир.

Процессы усиления концентрации мощно идут в экономике, науке и искусстве. Это укрупнение, слияние предприятий, создание трансконтинентальных, транснациональных корпораций, фирм и банков, международных научных и культурных центров. Дальнейшее развитие многих отраслей требует объединения кадровых, финансовых и технических ресурсов нескольких стран, неподъемно даже для такой богатой страны, как США. С другой стороны процессы усиления концентрации транснациональных предприятий и научной и экономической интеграции, которым мешают границы, ослабляют государство как институт. Ослабление государства ведет к развитию целого ряда негативных процессов, в частности к усилению националистических движений и болезненному расколу государств.

5. *Усиление неустойчивости и неравномерности развития.* Усиление влияния все более малых возмущений. Развитие в режиме с обострением – это всегда неустойчивое развитие, чреватое кризисами и потрясениями, требующее регулирования и соблюдения баланса между противоположными силами и процессами. Усиление неустойчивости развития на стадии быстрого роста, связанное с сокращением пространственно-временных масштабов и влиянием все более мелких возмущений, является одним из законов развития в режиме с обострением. Кроме того, неравномерность развития разных стран порождает внезапные процессы смены лидеров и перераспределения ролей на мировой арене, которые на протяжении всей истории были очень болезненными. Неравномерность развития усиливается по мере приближения к моменту обострения, градиенты нарастают, вырвавшиеся резко вперед, а в прошлом отсталые, страны потенциально опасны стремлением переделать мир в свою пользу.

6. *Глобальное расслоение общества, потеря единства, выпадение в разные темпомиры.* Проведенное выше исследование показывает, что развитие в режиме с обострением приводит на развитой стадии к сильнейшему расслоению общества на всех иерархических уровнях. Появляются разрывы в темпах развития, возрастают

территориальные диспропорции и асимметрии, усиливаются противоречия между развитыми и развивающимися странами, между западной и восточной цивилизациями, между разными этническими, религиозными и другими группами внутри государств, а также между отдельными людьми. Теряется понятие «среднего» государства, «среднего» представителя общества и т.д.

Нищета, болезни, средневековая отсталость соседствуют с богатством и высокими технологиями. Так в Китае, выходящем на первое место мире по ряду экономических показателей, подавляющая часть населения живет очень бедно и трудно, почти как сто лет назад; от бурного развития цивилизации и научно-технического прогресса ей почти ничего не достается. В Индии, развивающейся мощными темпами, большая часть населения живет также очень бедно. Выпадают из развития в более медленный темпомир и отдельные территории внутри развитых государств, включая Россию и США. Доля стран, доля фирм, доля отдельных людей, сконцентрировавших в своих руках основные капиталы и участвующих в дележе мирового продукта резко уменьшилась. Расслоение общества продолжает расти.

Развитие мировой системы становится все более неустойчивым по мере приближения к моменту обострения (по разным оценкам – примерно 2025 год). Неслучайно многие современные социологи и политологи называют современное общество – обществом риска. Общество риска, как говорит немецкий социолог У. Бек, – это общество, чреватое катастрофами. Это – то общество, в котором катастрофы неизбежны. «Цивилизационные риски – это бездонная бочка потребностей, которые постоянно, без конца самообновляются... Богатствами можно владеть, риски нас настигают; нас наделяет ими само развитие цивилизации. Говоря упрощенно: в классовых обществах бытие определяет сознание, в то время как в обществе риска сознание определяет бытие» [2]. У. Бек высказывает здесь чрезвычайно важное положение о возвышении сознания над бытием в обществе постмодерна.

Что нас ждет завтра (через 50-100-200 лет)? Будущее, которое мы ожидаем, желаем и сознательно конструируем.

Подводя итог проведенным исследованиям, можно сделать следующие краткие выводы:

1. Биологическая эволюция завершилась на *Homo sapience*.
2. Развитие человечества в режиме с обострением закончилось. Человечество проходит бифуркацию – сингулярность Форстера, что в частности выражается в наблюдаемом демографическом переходе.
3. Ступающаяся последовательность исторических циклов, связанных с развитием режима с обострением завершилась. Период цикла достиг своего минимального размера сравнимого с временем жизни одного поколения – одной из системных констант, введенных С.П. Капицей. Человечество проходит бифуркацию – сингулярность Дьяконова, которая совпадает с сингулярностью Форстера, что находит объяснение в нашей модели эволюции.
4. Возросшая неустойчивость глобального развития человеческого общества связана с прохождением точки сингулярности и чревата катастрофическими последствиями.

5. Некоторые черты будущего развития выводятся из анализа последней стадии развития в режиме с обострением. Это те процессы, которые останавливают взрывной рост, и ростки которых мы наблюдаем сегодня.

Прогноз. Направления развития

1. Усиление процессов глобализации и углубление международного сотрудничества, ослабление межгосударственных и других границ. Выработка единых норм поведения в различных сферах деятельности. Мировое содружество идет к единству – единству в многообразии, в более или менее отдаленной перспективе – к единому мировому управлению.

2. Дальнейшее развитие демократии и усиление тотального контроля над каждым человеком, как противовеса.

3. Численность населения еще будет расти, а затем снизится до некоторого нижнего предела, который будет регулироваться обществом.

4. Мы стоим на пороге эволюции Post-Homo (биоробота, человека-компьютера, киборга), которая стартует примерно в середине нашего века. Возрастание ценности человеческой жизни. С помощью генной инженерии, использования стволовых клеток, регенеративной терапии, искусственных органов, биотехнологий и др. поставлена задача существенного продления жизни человека.

5. Следующий *большой этап (цикл) эволюции* связан с соединением биотехнологий и научно-технического прогресса. Это *коэволюция человека и природы*, которая использует энерго- и ресурсосберегающие технологии, ресурсовозобновляющие технологии, био-, нано-, инфо-, когни- и другие интеллектуально ёмкие технологии.

6. Развитие будет также иметь циклический характер и проходить через кризисы.

Сегодня человечество переживает переходный период к другой цивилизации, к другому типу развития, который грозит возникновением ряда новых кризисов, связанных с перестройкой структуры всей мировой системы и социальных отношений, сменой приоритетов развития и ценностей. Он чреват многочисленными конфликтами: социально-политическими, этническими, психологическими и культурными. Развитие в режиме с обострением оставляет нам в наследство сильнейшее расслоение общества, огромные культурные и демографические градиенты между развитыми и развивающимися странами, между западной и восточной цивилизациями, огромные разрывы в уровнях развития отдельных территорий, крайне неравномерное распределение материальных, природных, людских и духовных ресурсов. Только преодоление всех этих противоречий, сглаживание и подконтрольность вытекающих из них потенциальных конфликтов способно отвести человечество от пропасти и осуществить переход к новой цивилизации.

Исследование направленности эволюции мирового сообщества, а также наблюдение за развитием западных стран, прошедших демографический переход, позволяет приоткрыть занавес в будущее и разглядеть черты новой цивилизации. Хочется верить, что понимание мировой общественностью будущего, которое нас ждет, осознание опасностей и проблем, которые надо решать уже сегодня, способно

скорректировать переход, и направить развитие по «мягкому» пути, без острых кризисов и катастроф.

Сегодня в мировой системе уже возникло понимание того, что хищническое потребление ресурсов должно быть остановлено, экстенсивный путь развития обречен, необходимо как можно скорее перейти на инновационный путь развития, который предполагает использование энерго- и ресурсосберегающих, а также ресурсовозобновляющих, технологий, бережное отношение к природе, ее ресурсам и Человеку. Обществу потребления должен прийти конец. Но новое общество, с новым нелинейным, синергетическим мышлением, с новыми нравственными и экологическими императивами надо создавать. Тогда возможен переход к новой эре в истории человечества. *Стабильность, устойчивость, медленное течение времени, гармоничное развитие общества, коэволюция Человека и природы – вот главные характеристики новой цивилизации.*

Синергетическое видение мира близко к современному направлению конструктивизма в теории управления и социальном прогнозировании. Конструирование социальной реальности означает, что человек как субъект познания и деятельности берет на себя весь груз ответственности за получаемый результат. Принцип ответственности, о котором писал Ханс Йонас, ставится здесь во главу угла [15].

Сами ценности должны претерпеть изменения. Мир изменится, когда изменимся мы сами, когда произойдет революция в сознании, когда человек перестанет гнаться за удовлетворением своих возрастающих материальных потребностей (это – тупиковый путь развития!) и позаботится о возвышении своего духа. Об этом рассуждают в форме диалога авторы книги «Революция сознания», известные ученые Станислав Гроф, Эрвин Ласло и Питер Рассел: «Нас приучили верить, что чем больше у нас вещей, чем больше мы производим, чем больше у нас контроля над природой – тем мы счастливее... Однако эта система не отвечает нашим более глубоким, внутренним, духовным потребностям. Несмотря на все свои материальные возможности, люди чувствуют себя такими же подавленными, незащищенными и нелюбимыми, как и прежде» [12; 34]. Поэтому, обосновывают они, «нам необходимо освободиться от эгоцентрического, материалистического модуса сознания», порождающего угрожающие человечеству экологические и техногенные катастрофы, и начать выполнять «последовательную внутреннюю работу, ведущую к глубинной психодуховной трансформации» [12, с. 44, 88].

Нынешняя установка в управлении заключается в том, чтобы не просто предсказывать будущее, но и создавать желаемое будущее, конструировать будущее, направлять развитие социальных систем и организаций в русло предпочитаемой нами и осуществимой (с точки зрения внутренних свойств социальных систем) тенденции развития. Будущее – это не то место, куда мы идем, а то, что мы создаем. Пути в будущее не отыскиваются нами, а созидаются, и наша деятельность по их созиданию изменяет и саму нашу деятельность и тот конечный пункт, куда мы идем.

Мы должны понимать, что мир идет к единству через сохранение разнообразия биологических видов, типов социальных организаций, культур и языков, пространств

индивидуального творчества. Мы должны ясно отдавать себе отчет, что осуществлять изменения тяжело, но стагнация фатальна, а кризисы развития неизбежны, но преодолимы. Что до тех пор, пока мы не изобретем себе лучшего будущего, мы не будем иметь никакого. Ибо, как сказал, французский философ Пьер Тейяр де Шарден, оказавший существенное влияние на Владимир Иванович Вернадского, будущее находится в руках тех, кто способен дать будущим поколениям веские основания жить и надеяться.

Исследование выполнено при поддержке РГНФ (проект № 11-23-01005/Вел «Инновационная сложность: методологические, когнитивные и социальные аспекты»).

1. Акаев А.А. Основы современной теории инновационно-технологического развития экономики и управления инновационным процессом // Анализ и моделирование глобальной динамики. – М., 2010. – С.17-43.
2. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну. – М.: Прогресс-Традиция, 2000.
3. Белавин В.А., Капица С.П., Курдюмов С.П. Математическая модель демографических процессов с учетом пространственного распределения // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. – 1998. Т. 38. №6. – С.885-902.
4. Белавин В.А., Князева Е.Н., Куркина Е.С. Математическое моделирование глобальной динамики мирового сообщества // Нелинейность в современном естествознании / Под ред. Г.Г. Малинецкого и В.П. Маслова. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – С. 384-408.
5. Белавин В.А., Курдюмов С.П. Режимы с обострением в демографической системе. Сценарий усиления нелинейности // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2000. Т.40. №2. – С.238-251.
6. Важенин А.А. Эволюция пространственных структур расселения: смена закономерностей // Изв. РАН. Сер. Геогр. 2006, № 3. – С. 29-38.
7. Гёте И.В. Избранные философские произведения. М.: Наука, 1964. – 519 с.
8. Гринин Л.Е., Коротаев А.В. Макроэволюция Мир-Системы. – М.: КомКнига/URSS, 2006.
9. Гринин Л.Е., Коротаев А.В. Социальная макроэволюция: генезис и трансформации Мир-Системы. – М.: ЛИБРОКОМ/URSS, 2009. – 568 с
10. Гринин Л.Е., Коротаев А.В. Модель экономического и демографического развития Мир-Системы Арцруни-Комлоса и теория производственных революций // Анализ и моделирование глобальной динамики – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.
11. Гринин Л.Е., Коротаев А.В., Малков С.Ю. (ред.) История и математика: Проблемы периодизации исторических макропроцессов. М.: КомКнига/URSS, 2006.
12. Гроф С., Ласло Э., Рассел П. Революция сознания. Трансатлантический диалог. – М.: АСТ, 2004.
13. Законы истории. Математическое моделирование исторических макропроцессов. Демография, экономика, войны – М.: КомКнига, 2005.
14. Иванов О.П. Сложность, как категория эволюции // Сложные системы. 2011, № 16, 2011. – С. 49-82.
15. Йонас Г. 2004. Принцип ответственности: Опыт этики для технологической цивилизации. – М.: Айрис-Пресс.
16. Капица С.П. Общая теория роста человечества: сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. Опыт теории человечества. – М.: Международная программа образования, 1999.

17. Капица С.П. Демографическая революция, глобальная безопасность и будущее человечества // Будущее России в зеркале синергетики. – М.: КомКнига, 2006. – С. 238-254.
18. Капица С.П. Очерки теории роста человечества. Демографическая революция и информационное общество. М.: ЗАО ММВБ, 2008.
19. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. 2-2 изд. – М.: Эдиториал УРСС, 2001.
20. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. – СПб.: Алетейя, 2002.
21. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика: нелинейность времени ландшафты коэволюции. – М.: КомКнига, 2007.
23. Князева Е.Н., Куркина Е.С. Пути истории и образы будущего человечества: синергетика глобальных процессов в истории // *Философия и Культура*. 2008. № 10. С. 28-49 и продолжение 2008. № 11. С.31-50.
22. Князева Е.Н., Куркина Е.С. Глобальная динамика мирового сообщества // *Историческая психология и социология истории*. 2009. № 1. С.129-153.
24. Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Законы истории. Математическое моделирование исторических макропроцессов. Демография, экономика, войны. - М.: КомКнига, 2005.
25. Курдюмов С.П. Собственные функции горения нелинейной среды и конструктивные законы ее организации // *Современные проблемы математической физики и вычислительной математики*. – М.: Наука, 1982.
26. Курдюмов С.П., Куркина Е.С. Спектр собственных функций автомодельной задачи для нелинейного уравнения теплопроводности с источником // *Журнал вычислительной математики и математической физики*. 2004. Т. 44. № 9. – С. 1619-1637.
27. Курдюмов С. П., Куркина Е. С., Потапов А.Б., Самарский А.А. Сложные многомерные структуры горения нелинейной среды // *Журнал вычислительной математики и математической физики*. 1986. Т. 26. № 8. – С. 1189-1205.
28. Куретова Е.Д., Куркина Е.С. Режимы с обострением в задаче для нелинейного уравнения теплопроводности на отрезке малой длины // *Прикладная математика и информатика*, № 29. – М.: Изд-во факультета ВМК МГУ, 2008. - С. 37-61.
29. Куркина Е.С., Никольский И.М. Устойчивость и локализация неограниченных решений нелинейного уравнения теплопроводности на плоскости // *Прикладная математика и информатика*, № 31. – М.: Изд-во факультета ВМК МГУ, 2009. – С. 14-37.
30. Малков А.С., Коротаев А.В., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования // *Новое в синергетике: Новая реальность, новые проблемы, новое поколение*. Часть I. М., Радиотехника, 2006.
31. Назаретян А.П. Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории. – М.: ПЕР СЭ, 2001.
32. Пригожин И., Гленсдорф П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. - М.: УРСС, 2008.
33. Пригожин И., Николис. Г. Познание сложного. Введение. – М.: УРСС, 2008.
34. Режимы с обострением: эволюция идеи / Под ред. Г.Г. Малинецкого. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 312 с.
35. Родоман Б.Б. Территориальные ареалы и сети. - Смоленск: Ойкумена, 1999.
36. Савельева И.М., Полетаев А.В.. История и время. В поисках утраченного. – М.: Языки русской культуры, 1997.
37. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, ФИЗМАТЛИТ, 1983.

38. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1981.
39. Хакен Г. Самоорганизующееся общество / Перевод Е.Н. Князевой // Будущее России в зеркале синергетики. – М.: КомКнига/ URSS, 2006.
40. Шумпетер Й. Теория экономического развития. – М.: Прогресс, 1982. - 454 с.
41. Эволюция: космическая, биологическая, социальная – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.
42. Cohen J. How many People can the World Support? - «Norton», New York, 1995.
43. Foerster H. von, Mora P., Amiot L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026 // Science 132, 1960. - PP. 1291-1295.
44. Turchin P.V. Historical dynamics: Why States Rise and Fall. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003.

THE CYCLICAL DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF THE WORLD-SYSTEM

Kurkina E.S., Knyazeva H.N., Kuretova E.D.

The Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics of
the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation

Abstract. The global evolution of the world community as an integrated self-organizing and self-developing system is studied in the article; and some main features and laws of its evolution are exposed. The attention is focused on the consideration of cyclic character of evolution, of periods of the global history of mankind, of the growth of complexity and the birth of technological, social and cultural innovation as a result of passing through crises. This is an interdisciplinary research which relies upon the results of mathematical modeling. The models elaborated by Ivan M. Diakonov, Sergey P. Kapitsa, M. Kremer, Sergey P. Kurdyumov as well as the model of macroevolution of World-System developed by L.E. Grinin, A.V. Korotaev and S.Yu. Malkov are analyzed. The evolution of the world commonwealth is considered as a stage of the universal (global) evolutionary process starting from Big Bang and up to emergence of life, appearance of a human being. The development of World-System in a blow-up regime leads to the strongest stratification of society, to the strengthening of instability and unevenness of development of countries and territories, to disintegration of complex geopolitical structures, and to the threat of collapse of civilization. As a positive alternative, the authors discuss opportunities of management of the future and of the choice of a favorable path of development of mankind. These opportunities are based on the understanding of the principles of co-evolution of nature and mankind as well as of complex social and geopolitical structures.

Key words: globalization, co-evolution, World-System, Sergey P. Kurdyumov's evolutionary model, blow-up regime, self-organization, synergetics, complexity, complex system, universal evolutionism, cycles of history.

References

1. Akaev A.A. Osnovy sovremennoj teorii innovacionno-tehnologicheskogo razvitija jekonomiki i upravlenija innovacionnym processom // Analiz i modelirovanie global'noj dinamiki. – М., 2010. – S.17-43.
2. Beck U. Obshhestvo riska. Na puti k drugomu modernu. – М.: Progress-Tradicija, 2000.
3. Belavin V.A., Kapitsa S.P., Kurdyumov S.P. Matematicheskaja model' demograficheskikh processov s uchetom prostranstvennogo raspredelenija // Zh. vychisl. matem. i matem. fiz. – 1998. T. 38. №6. – S.885-902.

4. Belavin V.A., Knyazeva H.N., Kurkina E.S. Matematicheskoe modelirovanie global'noj dinamiki mirovogo soobshhestva // Nelinejnost' v sovremennom estestvoznanii / Pod red. G.G. Malineckogo i V.P. Maslova. - M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2009. - S. 384-408.
5. Belavin V.A., Kurdyumov S.P. Rezhimy s obostreniem v demograficheskoj sisteme. Scenarij usilenija nelinejnosti // Zh. vychisl. matem. i matem. fiz. – 2000. T.40. №2. – S.238-251.
6. Vazhenin A.A. Jevoljucija prostranstvennyh struktur rasselenija: smena zakonomernostej // Izv. RAN. Ser. Geogr. 2006, № 3. – S. 29-38.
7. Goethe J.W. Izbrannye filosofskie proizvedenija. M.: Nauka, 1964. – 519 s.
8. Grinin L.E., Korotaev A.V., Makrojevoljucija Mir-Sistemy. M.: KomKniga/URSS, 2006.
9. Grinin L.E., Korotaev A.V. Social'naja makrojevoljucija: genезis i transformacii Mir-Sistemy. – M.: LIBROKOM/URSS, 2009. - 568 s
10. Grinin L.E., Korotaev A.V. Model' jekonomicheskogo i demograficheskogo razvitija Mir-Sistemy Arcruni-Komlosa i teorija proizvodstvennyh revoljucij // Analiz i modelirovanie global'noj dinamiki. – M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2010.
11. Grinin L.E., Korotaev A.V., Malkov S.Ju. (red.) Istorija i matematika: Problemy periodizacii istoricheskikh makroprocessov. – M.: KomKniga/URSS, 2006.
12. Grof S., Laszlo E., Russel P. Revoljucija soznanija. Transatlanticheskij dialog. – M.: AST, 2004. S.20-21.
13. Zakony istorii. Matematicheskoe modelirovanie istoricheskikh makroprocessov. Demografija, jekonomika, vojny – M.: KomKniga, 2005.
14. Ivanov O.P. Slozhnost', kak kategorija jevoljucii // Slozhnye sistemy. 2011, № 16, 2011. - S. 49-82.
15. Jonas H. 2004. Princip otvetstvennosti: Opyt jetiki dlja tehnologicheskoi civilizacii. – M.: Ajris-Press.
16. Kapitsa S.P. Obshhaja teorija rosta chelovechestva: skol'ko ljudej zhilo, zhivet i budet zhit' na Zemle. Opyt teorii chelovechestva. - M.: Mezhdunarodnaja programma obrazovanija, 1999.
17. Kapitsa S.P. Demograficheskaja revoljucija, global'naja bezopasnost' i budushhee chelovechestva // Budushhee Rossii v zerkale sinergetiki. – M.: KomKniga, 2006. – S. 238-254.
18. Kapitsa S.P. Oчерki teorii rosta chelovechestva. Demograficheskaja revoljucija i informacionnoe obshhestvo. M.: ZAO MMVB, 2008.
19. Kapitsa S.P., Kurdjumov S.P., Malineckij G.G. Sinergetika i prognozy budushhego.2-2 izd. – M.:Jeditorial URSS, 2001.
20. Knyazeva H.N., Kurdyumov S.P. Osnovaniya sinergetiki. Rezhimy s obostreniem, samoorganizacija, tempomiry. – SPb.: Aletejja, 2002.
21. Knyazeva H.N., Kurdyumov S.P. Sinergetika: nelinejnost' vremeni landshafty kojevoljucii. – M.: KomKniga, 2007.
22. Knyazeva H.N., Kurkina E.S. Global'naja dinamika mirovogo soobshhestva // Istoricheskaja psihologija i sociologija istorii. 2009. № 1. S.129-153.
23. Knyazeva H.N., Kurkina E.S. Puti istorii i obrazy budushhego chelovechestva: sinergetika global'nyh processov v istorii // Filosofija i Kul'tura. 2009. № 10, i № 11.
24. Korotaev A.V., Malkov A.S., Halturina D.A. Zakony istorii. Matematicheskoe modelirovanie istoricheskikh makroprocessov. Demografija, jekonomika, vojny. - M.: KomKniga, 2005.
25. Kurdyumov S.P. Sobstvennye funkcii gorenija nelinejnoj sredy i konstruktivnye zakony ee organizacii // Sovremennye problemy matematicheskoi fiziki i vychislitel'noj matematiki. – M.: Nauka, 1982.

26. Kurdyumov S.P., Kurkina E.S. Spektr sobstvennyh funkcij avtomodel'noj zadachi dlja nelinejnogo uravnenija teploprovodnosti s istochnikom // Zhurnal vychislitel'noj matematiki i matematicheskoj fiziki. 2004. T. 44. № 9. – S. 1619-1637.
27. Kurdyumov S. P., Kurkina E. S., Potapov A.B., Samarskij A.A. Slozhnye mnogomernye struktury gorenija nelinejnoj sredy // Zhurnal vychislitel'noj matematiki i matematicheskoj fiziki. 1986. T. 26. № 8. – С. 1189-1205.
28. Kuretova E.D., Kurkina E.S. Rezhimy s obostreniem v zadache dlja nelinejnogo uravnenija teploprovodnosti na otrezke maloj dliny // Prikladnaja matematika i informatika, № 29. – М.: Izd-vo fakul'teta VMK MGU, 2008. - S. 37-61.
29. Kurkina E.S., Nikol'skij I.M. Ustojchivost' i lokalizacija neogranichennyh reshenij nelinejnogo uravnenija teploprovodnosti na ploskosti // Prikladnaja matematika i informatika, № 31. – М.: Izd-vo fakul'teta VMK MGU, 2009. – S. 14-37.
30. Malkov A.S., Korotaev A.V., Halturina D.A. Matematicheskaja model' rosta naselenija Zemli, jekonomiki, tehnologii i obrazovanija // Novoe v sinergetike: Novaja real'nost', novye problemy, novoe pokolenie. Chast' I. M., Radiotekhnika, 2006.
31. Nazaretjan A.P. Civilizacionnye krizisy v kontekste Universal'noj istorii. – М.: PER SJe, 2001.
32. Prigogine I., Glansdorff P. Termodinamicheskaja teorija struktury, ustojchivosti i fluktuacij. - М.: URSS, 2008.
33. Prigogine I., Nicolis G. Poznanie slozhnogo. Vvedenie. – М.: URSS, 2008.
34. Rezhimy s obostreniem: jevoljucija idei / Pod red. G.G. Malineckogo. – М.: FIZMATLIT, 2006. – 312 s.
35. Rodoman B.B. Territorial'nye arealy i seti. - Smolensk: Ojkumena, 1999.
36. Savel'eva I.M., Poletaev A.V.. Istorija i vremja. V poiskah utrachenogo. – М.: Jazyki russkoj kul'tury, 1997.
37. Samarskij A.A. Teorija raznostnyh shem. – М.: Nauka, FIZMATLIT, 1983.
38. Haken H. Sinergetika. – М.: Mir, 1981.
39. Haken H. Samoorganizujushheesja obshhestvo / Perevod H.N. Knyazeva // Budushhee Rossii v zerkale sinergetiki. – М.: KomKniga/ URSS, 2006.
40. Schumpeter J. Teorija jekonomicheskogo razvitija. – М.: Progress, 1982. - 454 s.
41. Jevoljucija: kosmicheskaja, biologicheskaja, social'naja – М.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2009.
42. Cohen J. How many People can the World Support? - «Norton», New York, 1995.
43. Foerster H. von, Mora P., Amiot L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026 // Science 132, 1960. - PP. 1291-1295.
44. Turchin P.V. Historical dynamics: Why States Rise and Fall. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003.