

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУР МИРА: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МИРОВОЗЗРЕНЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

Е.С. Куркина, Е.Н. Князева

Глобальные неустойчивости и управление будущим. Постановка проблемы

В современном мире возрастает сложность форм социальной организации, увеличиваются неопределенности и риски, в том числе и риски соскальзывания на катастрофические сценарии разворачивания 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.

Несмотря на достигнутый уровень научно-технического прогресса и развития производства, на распространение идей демократии, основанных на правах человека, растет расслоение общества на всех иерархических уровнях и на всех континентах. Сегодня «половина мира подвержена социальной нестабильности и жестокости, вызванных увеличивающимися ценами на продовольствие и энергию, изменением климата, упадком государств... 46 стран (2,7 млрд. чел.) находятся на грани военного конфликта, кроме того 56 государствам (1,2 млрд. чел.) угрожает политическая нестабильность... Порядка 3 млрд. человек зарабатывают менее 2 долларов в день ... глобальный кризис неминуем без регулирования государствами цен на продовольствие» [из 12-ого бюллетеня ИСБ (индекс состояния будущего)]¹.

Управление будущим стало научной проблемой. Будущее надо тщательно просчитывать, моделировать, конструировать. Время волевых решений прошло! Без разработки глобальной стратегии невозможно предотвратить изменение климата, остановить международную преступность, обезвредить лиц, распространяющих трудноизлечимые болезни, обеспечить устойчивое развитие общества в экономическом и политическом аспектах.

Однако для выработки глобальной стратегии необходимо исследование глобальной эволюции человечества на протяжении всей его истории, выявление векторов его развития в прошлом и неимоверно сложном настоящем. Необходимо получить ответ на вопрос о том, существуют ли объективные законы эволюции глобальных структур мира, и если да, то можно ли влиять на ход исторического развития, направляя траекторию в желаемое русло?

Многие ученые, начиная с древних философов, ставили своей целью выявление закономерностей эволюции человечества за сложным сплетением исторических событий. Однако многогранность и архисложность человеческого бытия в социуме, влияние ценностей и идеологий являются причиной неоднозначного толкования истории, разногласий в оценке настоящей исторической ситуации, существования как пессимистичных, так и оптимистичных взглядов на будущее человечества.

В XIX веке Гегель создал всеобъемлющую диалектическую систему, охватывающую и человеческую историю. Ход истории объективен, не зависит от воли людей. Люди преследуют свои интересы и проявляют своеволие, а «хитрость мирового

¹ ИСБ № 12 – 2008 (выпускается Всемирным обществом исследования будущего в рамках Миллениума проекта). См.: <http://www.millennium-project.org/millennium/sof2008.html>

разума» направляет движение истории в нужное русло. История есть «прогресс духа в сознании свободы», который последовательно самораскрывается и находит воплощение в духе отдельных народов. 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, глубинных русел хода истории.

В XX веке многочисленные попытки построить универсальное системное видение природы и общества в виде тектологии, кибернетики, различных версий общей теории систем вылились в итоге в 1960-х годах в формирование мощного междисциплинарного движения – синергетики. Синергетика, опираясь на результаты математического моделирования, выявляет закономерности эволюции и самоорганизации в открытых нелинейных системах. С развитием синергетики стало очевидным, что, только поднявшись на глобальный уровень и рассматривая все человечество как *единую самоорганизующуюся и саморазвивающуюся сложную систему*, можно исследовать эволюцию мирового сообщества.

Примером глубокого исследования синергетики глобальных исторических процессов может служить математическая теория, разработанная С.П. Капицей². 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 синергетике, 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. Его феноменологическая макроскопическая модель – благодаря сцеплению численности людей с уровнем исторического развития и с течением исторического времени, отмеченным рядом веков, – не только дает количественное описание исторических процессов, но и восстанавливает достаточно полную объективную картину эволюции реального мира.

В исторической науке системный подход зародился в середине прошлого века и 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. Коротаяева, С.Ю. Малкова³, А.П. Назаретяна⁴. История представляется не как совокупность историй отдельных народов и государств, а как необратимая социальная эволюция мирового сообщества, связанная прежде всего с возникновением крупнейших инноваций, оказавших влияние на ход исторического процесса в целом, и со структурными трансформациями единой как ее называют историка Мир-Системы.

Историки предполагают, что Мир-Система зародилась на Ближнем Востоке в конце эпохи неолита примерно в X тыс. до н.э. Сначала от Балкан вплоть до долины Инда, а к концу I тыс. до н.э. от Атлантики до Тихого океана сложился целый пояс культур,

² Капица С.П. Общая теория роста человечества: сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. М.: Наука, 1999; Капица С.П. Очерки теории роста человечества. Демографическая революция и информационное общество. М.: ЗАО ММВБ, 2008.

³ Гринин Л.Е., Коротаяев А.В., Малков С.Ю. (ред.) История и математика: Проблемы периодизации исторических макропроцессов. М.: КомКнига/URSS, 2006.

⁴ Назаретян А.П. Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории. М.: ПЕР СЭ, 2001.

основанных на сельском хозяйстве и находящихся на сходном уровне сложности, который включал в себя основную часть населения мира. Мир-система стала функционировать и развиваться. Составлявшие ее народы, несмотря на кажущуюся разобщенность и независимость развития в те времена, взаимодействовали друг с другом, перенимали 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. Даже тогда, когда население Земли представляли отдельные малочисленные племена, сильно разбросанные по огромной территории, все рано они медленно, но верно взаимодействовали. *Именно системные взаимодействия привели к глобальной синхронизации в истории человечества*⁵, что отражается в глобальной согласованности смены эпох и фаз в развитии человечества даже в те далекие времена. Распространение и общность различных языков, зарождение и распространение мировых религий в исторически короткое время является ярким свидетельством системных взаимодействий.

Главным продуктом функционирования Мир-Системы явилось создание человечеством собственной развивающейся антропогенной среды и собственного развивающегося мира – экономической и социокультурной надстроек. Разорвалась непосредственная связь человека и природы. В процессе своего развития человек становился все менее зависимым от природных условий и бедствий. И следствием этого стал ускоряющийся прирост населения Земли, сначала очень медленный, а затем все более и более быстрый.

Исследования, проведенные в 1960-х гг. группой Х. фон Фёрстера⁶, показали, что численность человечества возрастала *по гиперболическому закону, или в режиме с обострением*, который на заключительном этапе представляет собой взрыв. Действительно, в последние двести лет наблюдалось особенно резкое увеличение численности населения Земли, которое было охарактеризовано, как *демографический взрыв*. Небывалые успехи медицины привели к стремительному снижению смертности и росту продолжительности жизни во всем мире, а это в свою очередь привело к беспрецедентному росту населения планеты. Население планеты, которое в 1800 году не достигало еще 1 млрд. человек, к 1900 году выросло до 1650 млн, а к концу 1999 г. достигло 6 млрд. Сегодня, в 2008 году, по данным ООН численность населения Земли составляет около 6,7 миллиардов человек.

В режиме с обострением, при котором функция асимптотически уходит в бесконечность за конечное время, развивалась и экономика. Главной движущей силой социально-экономической эволюции была *положительная обратная связь между численностью людей и уровнем развития знаний, технологий и накоплением информации*⁷. Именно эта связь обеспечила гиперболический характер роста, как общей численности населения, так и ряда экономических показателей, характеризующих уровень развития антропогенной среды, например мировой валовой продукт.

Для осуществления своей деятельности человечество объединялось в различные социально-экономические группы, создавая структуры. Каждой исторической эпохе соответствовала своя структура расселения, размещения и хозяйствования. В этом смысле все развитие человеческого общества отразилось, как в зеркале, в эволюции пространственных структур, городов, государств, империй, геополитических и

⁵ *Каница С.П.* Общая теория роста человечества: сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. М.: Наука, 1999; *Каница С.П.* Очерки теории роста человечества. Демографическая революция и информационное общество. М.: ЗАО ММВБ, 2008.

⁶ *Foerster H. von, Mora P., Amiot L.* Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026 // *Science* 132, 1960, pp.1291-1295.

⁷ *Коротяев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А.* Долгосрочные макротенденции развития Мир-Системы и возможности их математического моделирования. // *Синергетика: будущее мира и России.* М.: Издательство ЛКИ, 2008. С.92-132.

экономических сообществ и т.д. Изучение особенностей их формирования, развития и взаимодействия, ведущего как к распаду, так и к объединению, позволило выявить и понять объективные закономерности движения истории.

Наш анализ глобального исторического процесса опирается на распределенную математическую модель, описывающую эволюцию пространственных структур, развивающихся в режиме с обострением. Она является иерархическим расширением макроскопической модели С.П. Капицы, учитывающим на более низком уровне пространственное распределение народонаселения. В основе модели лежит нелинейное уравнение теплопроводности с объемным источником тепла. Идея использования этого уравнения для исследования динамики развития мировой системы принадлежала С.П. Курдюмову, и была реализована коллективом авторов в работах⁸. Модель учитывает диффузионные процессы, распространение информации и миграцию населения, и кумулятивные процессы, умножение информации и рост плотности населения. Она позволяет проследить, понять эволюцию мирового сообщества в целом, и найти переломные ключевые моменты в его истории.

В XVI веке человечество вступило в планетарную эру. С того времени, когда молодые и немногочисленные народы Европы устремились на освоение и завоевание земного шара, начинается чудовищное переселение народов, ускоряется демографический рост, начинается экономический подъем, возникает необходимость в развитии сетей коммуникации, которые охватят впоследствии весь мир. Во второй половине XX века наступает новая стадия планетарной эры – стадия глобализации. Мощное развитие мирового рынка, денежных и миграционных потоков, разветвленных транспортных сетей и систем связи, в том числе прессы, радио, телевидения, Интернета, приводят к тому, что сегодня каждый житель планеты ежедневно и ежечасно ощущает свою интеграцию в мировое сообщество, свою причастность событиям в своей стране и в мире в целом.

Демографический взрыв сопровождался огромным ростом сельскохозяйственного и промышленного производства в мировых масштабах, истреблением флоры, фауны, извлечением невозполнимых запасов полезных ископаемых, загрязнением окружающей среды. Давление человечества на природу приблизилось к предельно допустимым отметкам, оно стало влиять на биосферу. Человечество впервые в истории столкнулось с глобальными опасностями и угрозами (ядерная катастрофа, смертельные болезни, связанные с необратимым нарушением иммунной защиты организма, терроризм, техногенные катастрофы), так что разные народы были вынуждены прийти к осознанию своей единой планетарной судьбы. Комплекс животрепещущих глобальных проблем потребовал создания ряда крупных международных организаций (ООН, ЮНЕСКО, НАТО и т.п.) и еще невиданного в истории международного сотрудничества.

Но главным глобальным процессом, начавшимся в середине XX века, протекающим сейчас и остающимся до сих пор незамеченным для большинства ответственных представителей общества, является *глобальный демографический переход*. Демографический переход это глобальная революция в истории человечества, или, говоря математическим языком, *бифуркация, связанная с коренным изменением воспроизводства человеческого общества*, при которой темпы прироста общей численности людей падают, а сама численность стремится к постоянному значению. До этого все развитие человеческого общества основывалось на растущей численности людей. Демографический переход с неизбежностью приводит к *глобальным структурным геополитическим и экономическим изменениям в мировой системе, смене всей конфигурации взаимоотношений*.

⁸ *Белагин В.А., Капица С.П., Курдюмов С.П.* Математическая модель демографических процессов с учетом пространственного распределения // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1998. Т. 38. № 6. С. 885-902; *Белагин 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.

В развитых странах Европы и США демографический переход начался еще в XVIII веке и в настоящее время уже полностью завершен; к середине XX века демографический переход стал феноменом, охватившим всю планету; многим странам Азии и Латинской Америки (Китаю, Индии, Пакистану, Индонезии, Бразилии и т.п.) с интенсивно растущей численностью населения еще предстоит завершить этот исторический этап в XXI веке. Темпы прироста в этих странах падают. Теперь переход происходит в 2 раза быстрее и охватывает в 10 раз больше людей, чем в Европе. По среднему прогнозу ООН (основанному на ряде сценариев для рождаемости и смертности по 9 регионам мира) в ближайшем будущем до 2150 г., население Земли выйдет на постоянный предел в 9 млрд. людей⁹. Но существуют и апокалиптические сценарии.

Исследование глобальных процессов развития мирового сообщества, опирающееся на результаты математического моделирования позволяет выделить несколько качественно различных этапов в развитии человеческого общества, выявить главные закономерности эволюции и на их основе построить возможные сценарии будущего развития. В частности, удастся объяснить устойчивость гиперболического роста суммарной численности населения Земли несмотря на войны, природные катаклизмы и эпидемии, усиление неустойчивости развития мирового сообщества в целом, а также две противоположные тенденции, наблюдаемые в истории человечества: стремление к объединению, с одной стороны, и распад существовавших в истории империй, стремление к национальному и этническому самоопределению – с другой.

Показано в частности, что бурный рост населения и научно-техническая революция, произошедшие в прошлом веке, являются проявлением последней стадии взрывного развития мировой системы, которая сопровождается следующими явлениями: сильнейшем расслоением общества, неравномерностью развития отдельных территорий и усилением диспропорций между ними, разрывом в развитии между отдельными странами и территориями, усилением влияния все более мелких возмущений, возрастанием неустойчивости развития и распадом сложных структур (империй и государств) и т.д. Кроме того, показано, что доля стран, городов, территорий, отдельных технологических и научных центров, доля людей, определяющих динамику мирового развития, сосредоточивших в своих руках основные капиталы и участвующих в дележе мирового продукта, уменьшается; расслоение общества продолжает расти. Все это может быть охарактеризовано как коллапс цивилизации – схлопывающаяся к центру волна развития, из которой выпадают все большее число стран, территорий и центров.

Необходимость решения глобальных проблем заставляет людей объединяться во всевозможные организации и союзы для выработки единых норм жизни и обеспечения глобальной безопасности. Глобальные проблемы – экономические, экологические, социальные, политические – все сильнее связывают распадающееся человеческое общество воедино; концентрация и централизация в управлении усиливается. Все ведет к формированию единого управляющего центра, стремящегося организовать тотальный контроль над каждой территорией, над каждым человеком. В этом выражается сущность происходящей ныне самой радикальной бифуркации в глобальной эволюции человечества – перехода к новому мироустройству.

Из-за локальной неустойчивости предсказать будущее в деталях в принципе нельзя, но поскольку будущее вырастает из прошлого и настоящего, то понять векторы развития вполне возможно. Проведенные исследования позволяют описать несколько важнейших черт будущей человеческой цивилизации, главной из которых, по-видимому, станет *коэволюция человека и природы*. Однако вопрос прохождения бифуркации остается очень острым, и вероятность глобальных кризисов и катастроф очень велика.

⁹ *Катица С.П.* Демографическая революция, глобальная безопасность и будущее человечества. // Будущее России в зеркале синергетики. М.: КомКнига, 2006. С. 238-254.

Итак, целью настоящей работы является исследование глобальных процессов развития мирового сообщества на протяжении всей истории человечества на основе модели глобальной демографической системы С.П. Курдюмова.

Параметры порядка исторического развития. Модель С.П. Капицы

Мировое сообщество – сложная неравновесная саморазвивающаяся и самоорганизующаяся система. Сложность, многофакторность и противоречивость развития мирового сообщества, взаимозависимость экономических, демографических и геополитических процессов приводит к мысли, что это развитие невозможно описать простыми универсальными законами. Однако это не так. Эволюция человечества как глобальной системы, как и эволюция любой открытой неравновесной системы, подчиняется законам нелинейной динамики и синергетики¹⁰. Применяя методы и теоретические представления синергетики, определяя параметры порядка социального развития, соответствующие тому или иному иерархическому уровню организации, и главные действующие силы, можно создавать достаточно простые модели, способные адекватно описывать и предсказывать сценарии развития того или иного процесса в этой глобальной системе.

Ученые, исследуя глобальные исторические процессы, выделили несколько главных показателей, анализируя динамику которых, можно понять эволюцию человеческого общества. Главными из них являются общая численность народонаселения N , уровень технологий P , объем полезной информации и некоторые другие. Так, С.П. Капица, исследуя закон роста только одной переменной – численности народонаселения Земли – приходит к пониманию необходимости рассматривать все человечество как единую самоорганизующуюся и саморазвивающуюся систему и проанализировать многие социально-экономические процессы для объяснения его эволюции¹¹. С.П. Капица провозглашает *принцип демографического императива*: именно демография и рост народонаселения Земли, обуславливает характер социальных, экономических и др. процессов, происходящих в глобальной системе человечества. А общая численность населения Земли N есть ведущая медленная переменная, определяющая динамику мирового сообщества в целом.

В основе модели С.П. Капицы лежит одно обыкновенное нелинейное дифференциальное уравнение первого порядка, описывающее изменение во времени полного числа людей N :

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

где время T выражено в годах от начала нашей эры, а τ и K – две важнейшие 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, например, оптимальный масштаб городского района, обладающий системной самодостаточностью. Это как бы квант процесса урбанизации мирового сообщества. В рамках этого подхода крупные города, такие как Москва, предстают сосредоточением около 150 самостоятельных городских единиц.

¹⁰ Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомыры. СПб.: Алетей, 2002; Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика: нелинейность времени ландшафты коэволюции. М.: КомКнига, 2007; Хакен Г. Самоорганизующееся общество. (Перевод Е.Н. Князевой) // Будущее России в зеркале синергетики. М.: КомКнига/URSS, 2006. С.194-208.

¹¹ См.: Капица С.П. Цит. соч. 1999, 2006, 2008.

Другие переменные и параметры в модели не рассматриваются, но учитываются в среднем в обобщенном взаимодействии.

Решением (1) является гиперболический закон роста:

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

где $T_1 = 2025$ год – критическая дата, теоретический момент обращения численности человечества в бесконечность. Формула (2) это не что иное, как математическое выражение взрывного роста в режиме с обострением, при котором численность теоретически должна обратиться в бесконечность совсем скоро в 2025 году.

М. Кремер для объяснения динамики все той же численности N выдвигает *технологический императив* и выписывает динамическое уравнение для абсолютной скорости роста технологий P :

$$\frac{dP}{dt} = bNP, \quad (3)$$

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

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

где \bar{g} – равновесный среднедушевой продукт. Легко показать, что уравнение (3) эквивалентно уравнению Капицы (1), однако акценты расставлены по-разному. В отличие от Капицы Кремер уточняет, что по гиперболическому закону растет равновесная численность, согласованная с уровнем технологического развития. Однако, в модели Кремера отсутствует динамическое уравнение для численности N , и не понятно в чем мерить уровень технологий P .

Развивая идеи Кремера авторы работы¹² приходят к простой модели, обобщающей его результаты:

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

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.

Аналогичную модель, в которой приоритетом является экономико-технологический фактор, предложена А.В. Подлазовым¹³. Взрывное развитие численности населения в режиме с обострением (2) он объясняет развитием жизнесберегающих технологий, ведущих к уменьшению смертности. Действительно, социально-экономическая эволюция сопровождалась улучшением питания, условий проживания, накоплением знаний, развитием медицины, то есть, в конечном итоге, приводила к продлению средней продолжительности жизни. При этом высокая рождаемость, заложенная в человеке его природой для его выживания как биологического вида, сохранялась вплоть до последнего времени.

¹² Кортаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Законы истории. Математическое моделирование исторических макропроцессов. Демография, экономика, войны. М.: КомКнига, 2005.

¹³ Подлазов А.В. Теоретическая демография. Модели роста народонаселения и глобального демографического перехода // Новое в синергетике: Взгляд в третье тысячелетие. М.: Наука, 2002.

Закон гиперболического роста численности населения Земли (2) был впервые открыт в 1960 г. Х. фон Фёрстером, П. Мора и Л. Амиотом¹⁴ в результате статистической обработки демографических данных за большой период истории человечества. Гиперболический закон роста, является парадоксальным, противоречащим биологическому закону развития и требует объяснения. Действительно, большинство биологических популяций развивается в соответствии с законом логистического роста: при небольших численностях популяция растет экспоненциально, а затем она асимптотически приближается к максимальной численности K (см. рис. 1. б). Для популяций, давно проживающих в данной местности, наблюдается именно установившаяся численность K или случайные колебания около этого среднего значения. Если в данном районе проживает несколько видов популяций, то устанавливается биологическое равновесие, и каждый вид занимают свою нишу. Численность многих диких животных давным-давно стабилизировалась или сокращается из-за хозяйственной деятельности человека и уменьшения ареала обитания.

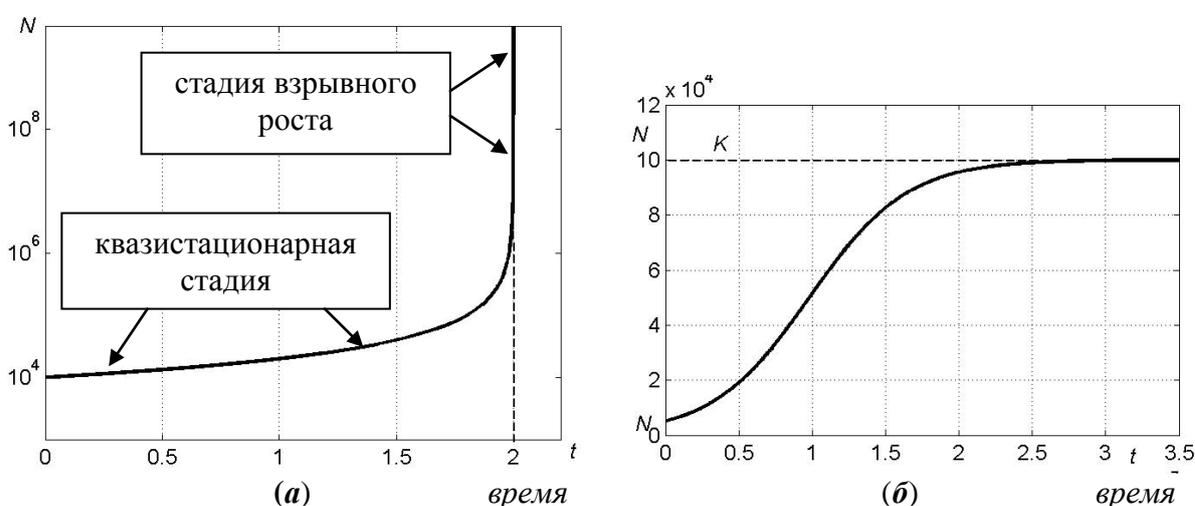


Рис. 1. Гиперболический рост – (а), логистический рост – (б).

И только человечество на протяжении всей своей истории росло с ускорением по закону гиперболического роста и продемонстрировало демографический взрыв, опередив сегодня на пять порядков животных, сравнимых по биологическим параметрам с человеком. Понятно, что демографический взрыв долго продолжаться не может, и рост общей численности людей должен рано или поздно прекратиться. Действительно, в настоящее время наблюдается снижение темпов прироста и стремление численности народонаселения к постоянному значению, что получило название *демографического перехода*. По среднему прогнозу ООН предельная численность населения Земли составит примерно 9 млрд. человек.

Разные страны проходят *демографический переход* в разные сроки. Во Франции, где его теорию одним из первых стал строить ученый-демограф и общественный деятель Адольф Ландри (1874-1956), переход начался еще в XVIII столетии. Демографический переход уже пройден развитыми странами, в том числе и Россией. Снижение темпов прироста началось ныне и в странах азиатско-тихоокеанского региона. Демографический переход сопровождается усилением процессов глобализации в мировой политике, переходом к высоким и информационным технологиям в экономике, а также *глобальным урбанистическим переходом*. По завершении перехода возникает изменение возрастного состава населения, при котором доля молодого населения резко сокращается, а доля

¹⁴ Foerster, H. von, P. Mora and Amiot L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. // Science. 1960. Vol.132. P.1291-1295, 1960.

пожилых и старых людей увеличивается. Это происходит за счет уменьшения смертности, увеличения продолжительности жизни и падения рождаемости, к которым привела эволюция человечества и которые регулировать пока не удается.

Математическая теория роста населения Земли, разработанная С.П. Капицей, является наиболее фундаментальной работой в области глобальной демографии, давшей обоснование закона роста и вскрывшей причины демографического перехода. Им было показано, что гиперболический закон роста имеет информационную природу, в основе которой лежит коллективное взаимодействие. Человечество представляет собой единую систему, в которой происходят парные взаимодействия по обмену информацией и скорость роста отдельных частей существенно зависит от общего размера всей системы. То есть в основе кооперативного закона роста лежит распространение и передача от поколения к поколению по всей территории обитания человека информации – знаний и технологий, обычаев и культуры, религии и науки – всего того, 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 человеком антропогенной среде. Человеческое общество с самого начала было обществом информационным. Сегодня ни у кого не вызывает сомнения, что мир представляет собой единую глобальную систему, связанную возросшими миграционными, транспортными, денежными и информационными потоками, а также 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 из его модели и выражается в ускорении темпов прироста населения и в связи демографических процессов с социально-экономической эволюцией. Гиперболический закон роста обладает свойством сжатия системного времени, при котором следующие друг за другом периоды удвоения численности населения происходят за промежутки времени, последовательно сокращающиеся в два раза. Таким образом, темп развития, ощущаемый по динамике изменений, все время возрастает и ускоряется социально-экономическое развитие общества.

С.П. Капица впервые отметил сцепление общей численности людей с уровнем развития цивилизации и с периодизацией исторического временем. Им был проведен количественный анализ эволюции человеческого социума и установлена связь главных исторических эпох с общей численностью населения. Показано, что в каждую из выделенных 11 исторических эпох (олдувай, шель, ашель, мустье, мезолит, неолит, древний мир, средние века, новая история, новейшая история, мировой демографический переход) по общепринятой классификации, жило примерно одинаковое число людей (около 9 миллиардов человек). Смена эпох происходила, когда численность населения примерно утраивалась, а длительность эпохи при этом во столько же раз сокращалась. Это важный результат, тем более что на ускорение течения исторического времени ранее указывали некоторые историки и философы.

Теория Капицы выявляет причины происходящего ныне демографического перехода, дает объяснение росту мировой напряженности, обострению глобальных проблем и возможности потери устойчивости глобального развития. Казалось бы, демографический взрыв должен был бы закончиться из-за ограниченности ресурсов: попросту говоря, нам стало бы нечего кушать и негде жить. Именно такой сценарий предположил английский священник экономист и математик Томас Мальтус, который один из первых в 1798 г. обратился к математическому моделированию и произвел анализ

роста населения Земли. Он заметил, что численность людей увеличивается быстрее, чем растет производство продуктов питания. Целый ряд беднейших стран Африки и сегодня испытывает острую нехватку продовольствия, воды и медикаментов. Именно эти факторы являются там причиной высокой смертности и ограничивают рост населения. Однако в развитых странах, где демографический переход уже произошел, он был вызван отнюдь не нехваткой ресурсов, а резким падением рождаемости, к которому привело социально-экономическое развитие общества.

С.П. Капица, совершенно справедливо на наш взгляд, связывает демографический переход не с внешними условиями – достижением технологического и ресурсного потолка, как в модели логистического роста для биологических популяций, а с внутренними, и, в первую очередь, с *ограничением скорости роста*, определяемым природой ума человека, его долгим взрослением и воспитанием. По его мнению, демографический переход начинается за τ лет до критического времени $T_0=2025$, когда приращение населения мира за время τ становится больше самого населения. Вслед за Ландри Капица называет демографический переход – *демографической революцией* в истории человечества. Это *бифуркация, коренным образом меняющая характер развития человечества*. В развитых странах Европы и США демографический переход начался еще в XVIII веке и в настоящее время уже полностью завершен. К середине XX века демографический переход стал феноменом, охватившим всю планету. Многим странам Азии и Латинской Америки (Китаю, Индии, Пакистану, Индонезии, Бразилии и т.п.) с интенсивно растущей численностью населения еще предстоит завершить этот исторический этап в XXI веке. Теперь переход происходит в 2 раза быстрее и охватывает в 10 раз больше людей, чем в Европе более двухсот лет назад.

Однако С.П. Капица не анализирует конкретные механизмы, приведшие к демографическому переходу, который обязан недавно возникшему новому глобальному системному явлению – резкому снижению рождаемости (сокращению числа детей на одну женщину). В развитых странах на одну женщину сейчас приходится 1,2-1,5 ребенка. Так, в Испании это число равно 1,20, в Германии – 1,41, в Японии – 1,37, в России – 1,3, а на Украине – 1,09, тогда как для простого воспроизводства требуется 2,1-2,2 ребенка. Постоянство населения в развитых странах поддерживается только за счет притока эмигрантов.

А.В. Коротаев с соавторами¹⁵ строит математическую модель, в которой предполагается, что 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. Она описывает и рост в режиме с обострением численности людей и мирового валового продукта, и выход этих показателей на стационар при стремлении доли грамотного населения к единице. Это одна из немногих моделей, которая описывает демографический переход. Однако, приведенная модель основывается на статистических исследованиях и корреляционном анализе, а внутренний механизм, приведший к снижению рождаемости в развитых странах, в этой работе не вскрывается.

Все упомянутые выше модели являются точечными, основанными на системах обыкновенных дифференциальных уравнений; они описывают динамику некоторых средних или интегральных показателей. Не смотря на всю глубину исторического анализа проводимого их авторами, эти модели не способны вскрыть внутренние механизмы развития человеческого общества; они являются только начальным этапом в

¹⁵ Коротаев А.В. и др. Цит. соч. 2008; А.С. Малков, А.В. Коротаев, Д.А. Халтурина Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования // Новое в синергетике: Новая реальность, новые проблемы, новое поколение. Часть I. М., Радиотехника, 2006.

моделировании глобальных эволюционных процессов. Следующим шагом должно стать рассмотрение и исследование распределенных моделей, описывающих внутренние механизмы эволюции, приведшие к формированию и развитию структур разной сложности на разных пространственных масштабах. Именно такой распределенной моделью является модель глобальных эволюционных процессов С.П. Курдюмова.

Модель глобальной эволюции С.П. Курдюмова. Автомодельные законы развития. Темпомиры и принцип коэволюции

Человечество не только увеличивалось в численности на протяжении всей своей истории, оно и расселялось по планете, размещая продукты своей деятельности, объединялось в различные социально-экономические группы, создавая иерархии. Каждой эпохе соответствовала своя структура расселения, размещения и хозяйствования. В этом смысле глобальная эволюция отразилась, как в зеркале, в эволюции пространственных структур.

Математическая модель глобальных эволюционных процессов С.П. Курдюмова является иерархическим расширением модели С.П. Капицы и описывает пространственное распределение народонаселения на более низком уровне. В основе этой модели лежит квазилинейное уравнение теплопроводности с источником относительно изменения плотности населения $u(M, t)$ (где M – точка на плоскости с координатами (x, y) , а t – время):

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

где $\chi_0, q_0 > 0, \sigma > 0, \beta > 1$ – параметры модели. Здесь первое слагаемое в правой части представляет собой оператор диффузии и описывает диссипативные процессы в системе, распространение информации и миграцию населения. Второе слагаемое представляет собой нелинейный, объемный источник и описывает кумулятивные процессы, умножение информации и рост плотности населения. Положительные обратные связи между численностью населения и уровнями технологического и культурного развития в результате кооперативных взаимодействий в модели учитываются опосредованно и отражаются в нелинейном коэффициенте диффузии $\chi_0 u^\sigma$ и нелинейном источнике $q_0 u^\beta$.

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 иерархических систем структур, усиление с развитием процессов расслоения, пространственной неоднородности и концентрации в отдельных местах, и рост общего интеграла

$$N(t) = \int u(M, t) dM, \quad (5)$$

по гиперболическому закону (2), где интегрирование ведется по всем районам обитания.

В результате исследований было показано, что параметры σ и β удовлетворяют следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} 0 < \sigma < 1, \\ 2\beta = \sigma + 3, \quad \text{или} \quad 3\beta = \sigma + 5, \end{aligned} \quad (6)$$

(в зависимости от геометрии рассматриваемой области).

При определении средних значений коэффициентов χ_0 и q_0 учитывались размеры Земного шара и гиперболический закон роста интеграла (5) откуда получилось, что

$$\chi_0 \sim 10^4, \quad q_0 \sim 10^{-6}. \quad (7)$$

Считается также, что коэффициенты (7) изменяются в процессе эволюции.

Уравнение (4) исследуется в некоторой ограниченной области плоскости \mathbf{G} , размер которой согласован с характерными размерами поверхности Земли. Область считается однородной, коэффициенты χ_0 и q_0 не зависят от точки M , географические особенности Земли и ее ландшафт не учитываются.

Уравнение (4) дополняется достаточно произвольным, начальным распределением плотности, заданным в некоторой небольшой области $\hat{\mathbf{G}} \subset \mathbf{G}$:

$$u(M, t_0) = u_0(M), \quad (8)$$

которое инициирует начало процесса эволюции человечества, как системы.

Цель работы состоит в исследовании динамики развития решений $u(M, t)$ задачи (4) (8) и нахождения адекватной исторической и социально-экономической трактовки, позволяющей выявить объективные законы эволюции.

Идея применения квазилинейного уравнения теплопроводности с источником для моделирования эволюции человеческого сообщества была выдвинута С.П. Курдюмовым, который увидел глубокую аналогию между процессами горения нелинейной среды, ведущими к образованию и распаду сложных пространственных структур, и историческими процессами, сопровождающимися образованием и распадом империй. Им с соавторами¹⁶ было показано, что основные тенденции мирового развития обуславливаются нестационарной динамикой режимов с обострением.

Модель не претендует на описание конкретных исторических эпох, конкретных событий и географии Земли. Она описывает *усредненную динамику развития человеческой цивилизации*. Она отражает *основные тенденции эволюции мировой системы в разные исторические эпохи, в том числе и в настоящий момент*.

Динамика режимов с обострением. Собственные функции нелинейной среды

Нелинейное уравнение теплопроводности (4) 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. Явление локализации означает, что рост в режиме с обострением происходит внутри некоторой ограниченной области, а вне этой области температура остается равной нулю, несмотря на наличие диссипации в нелинейной среде и больших градиентов температуры. Феномен локализации процессов приводит к распадению непрерывной среды на отдельные локализованные структуры. При определенных условиях возникают не только простые структуры с одним максимумом, но и сложные структуры, имеющие сложное пространственное строение¹⁷.

Нелинейное уравнение при заданных значениях параметров имеет бесконечно много решений, зависящих от начального распределения плотности населения. Однако всего несколько из них определяют эволюцию всей системы. Это так называемые *автомодельные*, или самоподобные, решения, которые играют роль *аттракторов для всех прочих решений* этого уравнения. Автомодельные решения отражают внутренние свойства

¹⁶ Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. СПб.: Алетейя, 2002; Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика: нелинейность времени ландшафты коэволюции. М.: КомКнига. 2007; Белагин В.А., Капица С.П., Курдюмов С.П. Математическая модель демографических процессов с учетом пространственного распределения. // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1998. Т. 38, № 6. С.885-902; Белагин 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.

¹⁷ Режимы с обострением. Эволюция идеи. Законы коэволюции сложных структур. М.: Наука, 1998.

нелинейной системы, поэтому их называют *собственными функциями (СФ) нелинейной среды*. «Забытие» 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.

Так что же представляют собой автомодельные решения уравнения (4)? В результате проведенных исследований было установлено, что они имеют вид:

$$u(r, \varphi, t) = g(t)\Theta(\xi, \varphi), \quad \xi = \frac{r}{\psi(t)}, \quad (9)$$

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:

$$g(t) = \left(1 - \frac{t}{\iota}\right)^m, \quad \psi(t) = \left(1 - \frac{t}{\iota}\right)^n, \quad m = -\frac{1}{\beta-1}, \quad n = \frac{\beta-\sigma-1}{2(\beta-1)}, \quad (10)$$

$\iota > 0$ – момент обострения. Момент обострения ι может быть произвольным, это дополнительный параметр, который в каждом конкретном случае надо определять. Для рассматриваемой единой глобальной системы параметр $\iota = T_0 = 2025$ г. в соответствии с формулой (2). Автомодельное решение $\Theta(\xi, \varphi)$ удовлетворяет автомодельному уравнению

$$\frac{1}{\xi} \frac{\partial}{\partial r} (\xi \Theta^\sigma \frac{\partial \Theta}{\partial \xi}) + \frac{1}{\xi^2 (\sigma+1)} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \Theta^{\sigma+1} = -\frac{m}{\iota} \Theta + \frac{n}{\iota} \xi \frac{\partial \Theta}{\partial \xi} - \Theta^\beta, \quad (11)$$

и обычным для этих задач граничным условием. Из формул (9), (10) следует, что амплитуда автомодельного решения растет в режиме с обострением ($g(t) \rightarrow \infty$ при $t \rightarrow \iota$), а все точки структуры как бы движутся к центру симметрии, так что область интенсивного роста сокращается со временем; 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 (см. рис. 2 а).

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

$$\Theta(\xi, \varphi) \xrightarrow{\xi \rightarrow \infty} C(\varphi) \cdot \xi^{-p}, \quad p = 2/(\beta - \sigma - 1) > 0, \quad (12)$$

где $C(\varphi)$ – является константой для радиально-симметричных структур, и функцией угла для двумерных СФ. Асимптотика (12) описывает предельное распределение температуры (или плотности) при $t \rightarrow \iota$:

$$u(r, \varphi, t) \xrightarrow{t \rightarrow \iota} C(\varphi) r^{-p}. \quad (13)$$

Чем ближе время к моменту обострения, тем ближе прижимается СФ к предельному асимптотическому распределению (13) (см. рис.2 а).

Исследования показали, что существует конечный строго определенный набор (спектр) автомодельных решений, или собственных функций (СФ), число которых зависит от значений параметров σ и β ¹⁸. В спектре всегда присутствует первая СФ $\Theta_1(\xi)$ –

¹⁸ Куркина Е.С. Двумерные и трехмерные тепловые структуры в среде с нелинейной теплопроводностью // Прикладная математика и информатика. № 17. М.: Изд-во факультета ВМиК МГУ, 2004. С.84-112. Куркина Е.С., Никольский И.М. Бифуркационный анализ спектра двумерных тепловых структур, развивающихся в режиме с обострением // Прик. матем. и информат. М.: Изд-во МГУ, 2005. № 22. С. 30-45.

простая структура с одним максимумом в центре (см. рис. 3 а). Существуют радиально-симметричные СФ $\Theta_j(\xi)$, имеющие вид концентрических волн (см. 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. 3 г) 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 в, 3 е).

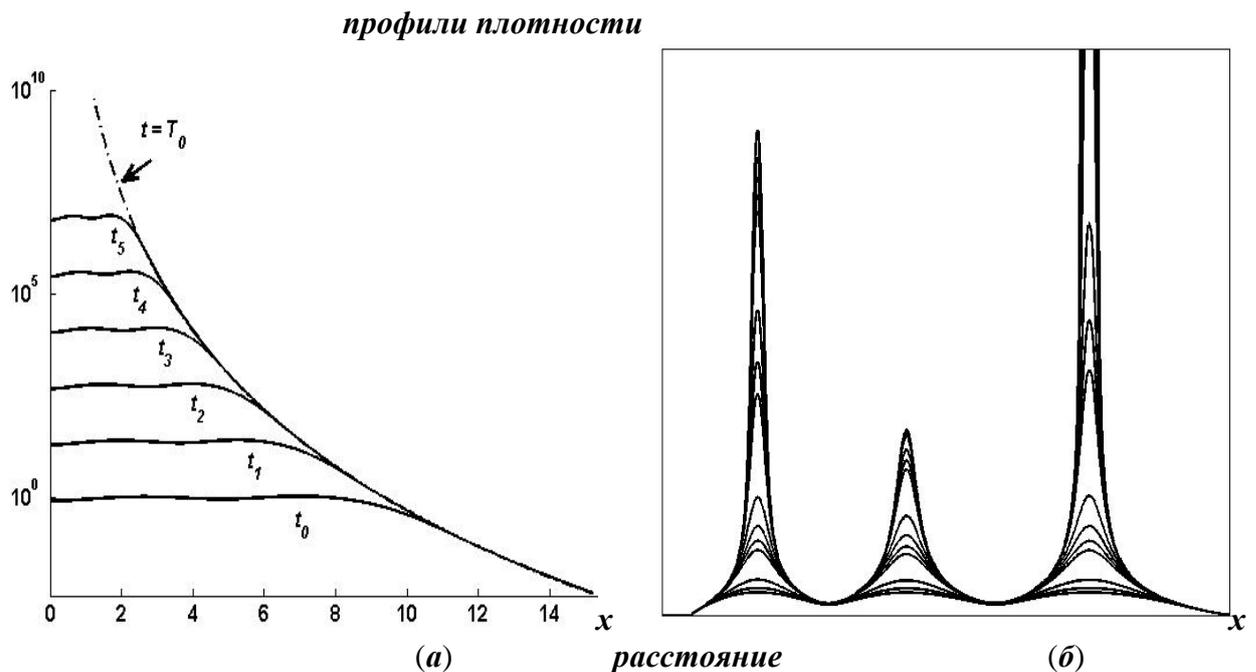


Рис. 2. (а) Эволюция четвертой радиально-симметричной СФ. Штрих пунктирная линия показывает предельное распределение плотности в момент обострения. (б) Графики роста структур, живущих в разных темпомирах.

СФ обладают разной степенью устойчивости и разной областью притяжения. В целом можно утверждать, что любое решение, инициированное начальным возмущением, стремится выйти на автомодельный 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 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.

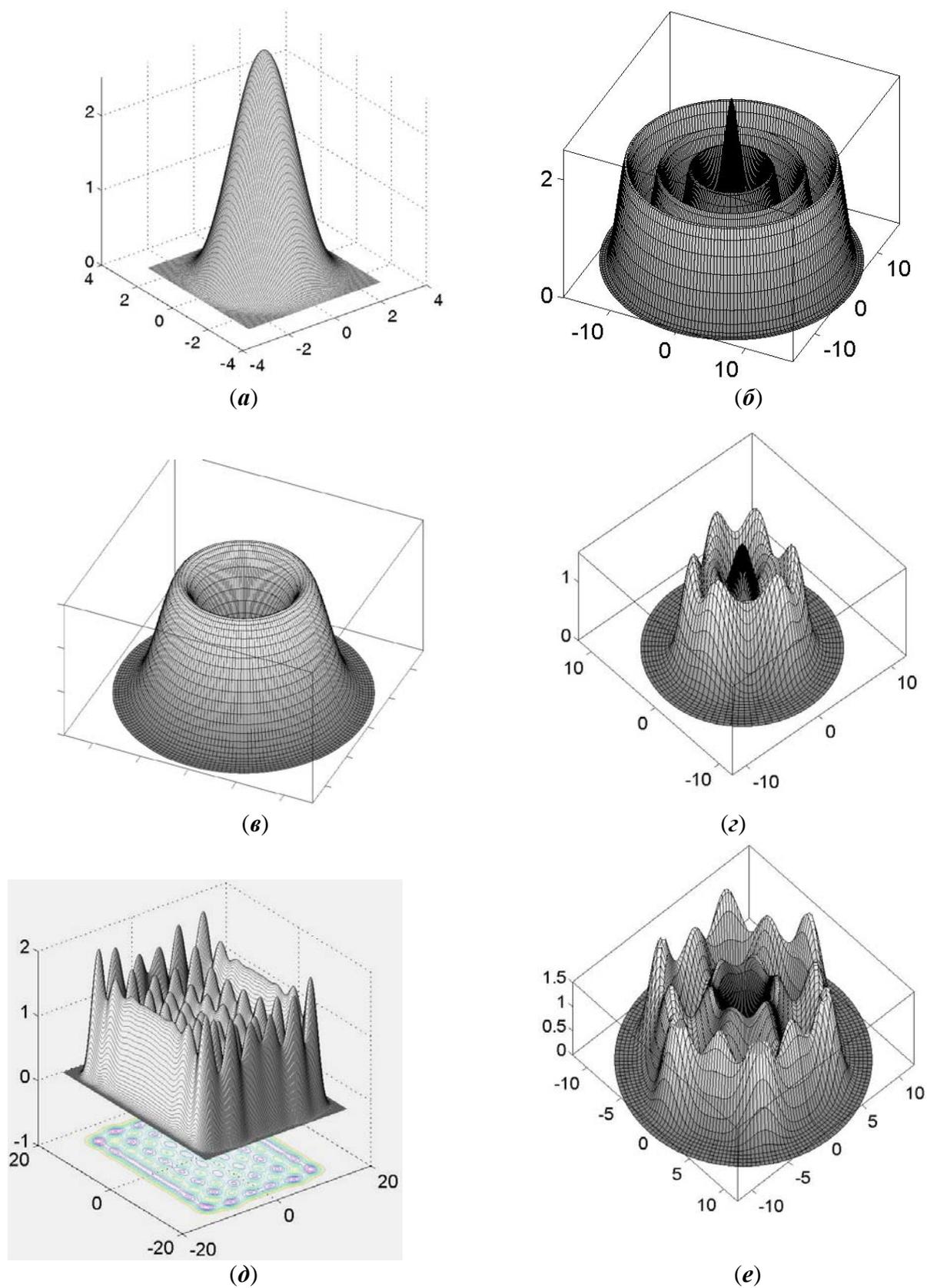


Рис. 2. Локализованные двумерные структуры: (а) простая структура с одним центральным максимумом; (б) радиально-симметричная структура с главным максимумом в центре; (в) структура с дыркой в центре; (г) сложная структура, порядок симметрии 3; (д) сложная структура, имеющая строение типа «авеню – стрит»; (е) сложная структура с дыркой в центре, порядок симметрии 6.

Рис. 4 показывает на фазовой плоскости системы, как происходит выход простых начальных распределений с одним максимумом на автомодельный режим – первую СФ¹⁹. Здесь любое решение характеризуется всего двумя числами – координатами на фазовой плоскости: значением функции $u(M, t)$ в максимуме (амплитуды $g(t)$) и значением ее полуширины $\phi(t)$. Со временем точка на плоскости, изображающая решение, смещается, описывая траекторию системы. Стрелки указывают направление на траекториях. Траектория, отвечающая автомодельному решению $A(t)$, изображена жирной линией; она описывает рост амплитуды в режиме с обострением и сокращение полуширины в соответствии с формулами (9), (10). Мы видим, что все траектории притягиваются к автомодельному решению – стремятся выйти на первую СФ.

Причем, если для данной амплитуды полуширина распределения меньше полуширины СФ (*подкритическое возмущение*), то сначала происходит растекание начального возмущения, которое на первых стадиях может сопровождаться даже уменьшением амплитуды (см. траектории C_i); а затем наблюдается взрывной рост амплитуды и выход на автомодельный режим. То есть решение, прежде чем выйти на автомодельный закон развития описывает цикл.

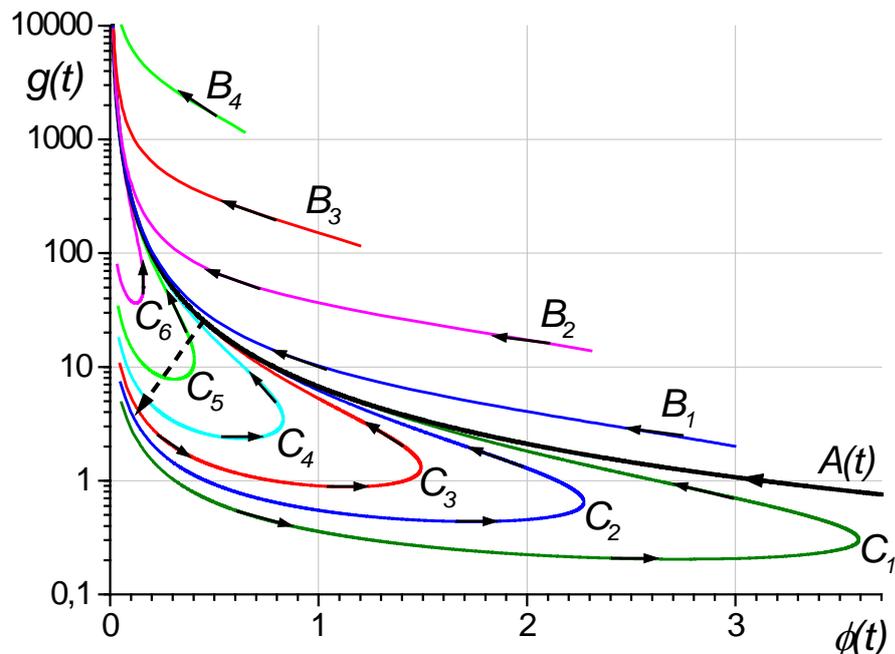


Рис. 4. Фазовая плоскость системы. $A(t)$ – автомодельная траектория; B_i, C_i – траектории системы; C_i – циклы.

Если для данной амплитуды полуширина распределения больше полуширины СФ (*сверхкритическое возмущение*), то развитие происходит по закону, близкому к автомодельному: полуширина сокращается, а амплитуда растет, и решение медленно приближается к автомодельной кривой (см. траектории на рис. 4, находящиеся выше кривой A).

¹⁹ Куртова 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.

Автомодельные законы развития. 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 структура 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* (см. 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 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 ни их месте сформируется новая структура.

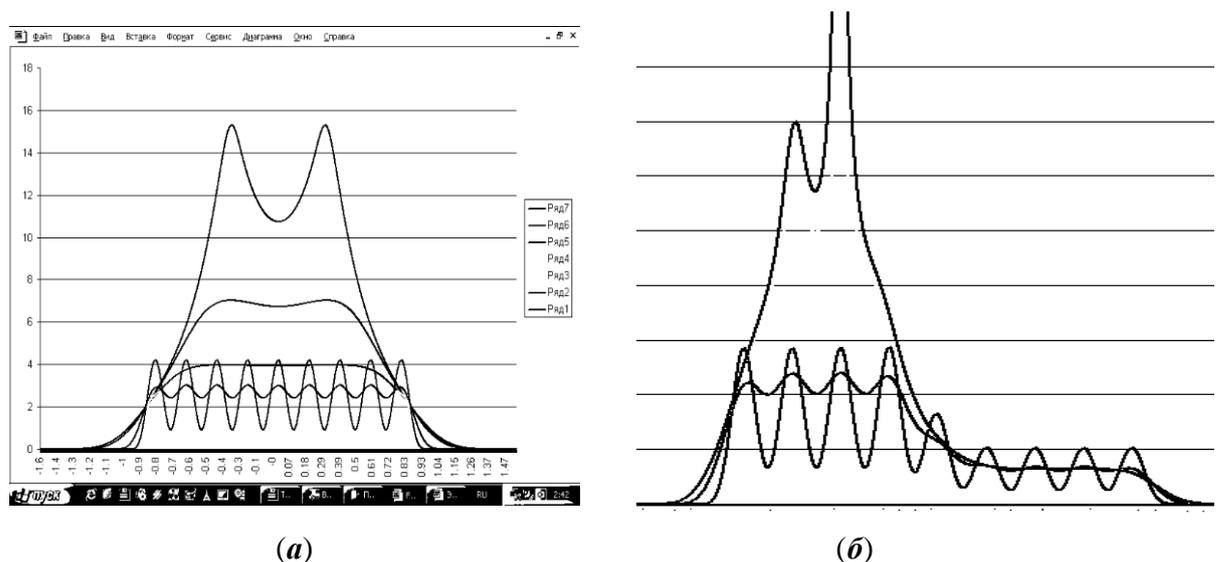


Рис. 5 Формирование структуры с двумя максимумами а) правильное объединение б) неправильное объединение, в сформировавшейся несимметричной структуре с двумя максимумами рост одного максимума начинает опережать рост другого.

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 (см. рис. 4). Затем растекание прекращается и начинается формирование и рост одной, двух и более простых или сложных структур. На рис. 5 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 рис. 5 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*²⁰.

Однако 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. На ранних стадиях развития, когда процессы идут медленно, возмущения не развиваются или разглаживаются за счет диффузии. Картина радикально меняется, когда начинается бурный рост структуры и сокращаются эффективные пространственно-временные масштабы, тогда все более мелкие случайные возмущения, которые возникают в любой физической системе, 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. В результате структура рассыпается на отдельные части, развивающиеся в своем темпомире.

Основные выводы, важные для понимания глобальной истории, к которым приводит нас анализ и развитие модели С.П. Курдюмова, таковы:

Процессы, развивающиеся в режиме с обострением, т.е. сверхбыстрые, лавинообразные процессы, сопровождаются образованием простых и сложных локализованных диссипативных структур, имеющих свое время жизни, свою архитектуру, свою форму и размер области локализации.

Время жизни простой структуры (или момент обострения) определяется ее высотой: чем выше структура, тем быстрее она развивается и тем меньше времени ей осталось жить до момента обострения, означающего для многих структур распад и исчезновение, и наоборот, чем ниже структура, тем на более низком уровне развития она находится, тем медленнее темп ее развития и тем дольше она проживет.

Для данных параметров среды существует *конечный набор* структур разной сложности (собственных функций нелинейной среды), которые могут согласованно развиваться (в одном темпе, с одним моментом обострения) и образовать единую организацию.

Устойчивыми являются простая структура с одним максимумом (см. рис. 3 в) и структура в виде бублика с «дыркой» в центре (см. рис. 3 в).

Сложные структуры являются метастабильно устойчивыми и распадаются на простые структуры вблизи момента обострения. Их время жизни зависит от сложности архитектуры, параметров среды и случайных возмущений, существующих во всех реальных системах.

²⁰ Курдюмов С.П. Собственные функции горения нелинейной среды и конструктивные законы ее организации. // Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. М.: Наука, 1982.

Развитие процессов горения в виде структур сопровождается сокращением пространственно-временных масштабов, что проявляется в ускорении течения времени, в усилении концентрации энергии в отдельных областях пространства, в образовании все более мелких структур и в увеличении влияния мелких флуктуаций.

Распад сложной структуры на отдельные более простые, означает, замедление развития отколовшихся структур с меньшим максимумом распределения. Момент обострения отставшей структуры становится больше, а значит, разрыв в развитии только усиливается со временем.

Сложные СФ являются объединением простых структур с разными максимумами в единую структуру, имеющую свою строго определенную энергию связи и единый момент обострения. Чем сложнее структура, тем слабее соединены в ней подструктуры, тем сильнее угроза распада. При правильном, резонансном объединении структур в сложную, последняя ускоряет свой темп развития.

Процесс развития структур в режиме с обострением раньше или позже заканчивается, не дойдя до коллапса, так как начинают действовать факторы, ограничивающие рост функции до бесконечности и препятствующие предельному сжатию пространственно-временных масштабов. В системе происходит бифуркация, связанная с принципиальными, качественными изменениями характера эволюции. «На обломках» развалившихся прежних (социально-экономических) структур возникает новая цивилизация с другими законами эволюции. Разлом цивилизаций (“clash of civilizations”) – так охарактеризовал этот процесс Френсис Фукуяма²¹.

Устойчивость гиперболического роста

Человечество на протяжении всей истории своего существования подвергалось как внешним, так и внутренним воздействиям. Резкие изменения климата, землетрясения, ураганы и другие катаклизмы, и, наоборот, внезапно складывающиеся благоприятные климатические условия, – все этого отражалось на численности людей, причем как в ту, так и в иную сторону. Внутренние противоречия, раздиравшие и раздирающие человеческий социум, сейчас не меньше, чем в давние времена, и как следствие этого всплески насилия, возникновение региональных и мировых войн, а также системные кризисы, отражались на изменении скорости роста населения. Но, несмотря на это, человечество демонстрировало устойчивый гиперболический рост (2).

Для исследования устойчивости роста интеграла $N(t)$ (5) в соответствие с гиперболическим законом (2) решение уравнения (4), описывающее эволюцию начального распределения (8), подвергалось в случайные моменты времени случайным воздействиям, имитирующим или суммарную убыль населения $N(t)$ не более чем на 10%, или увеличение численности вследствие уменьшения смертности при благоприятных условиях. Поведение системы анализировалось на фазовой плоскости системы, в координатах полуширина $\varphi(t)$, амплитуда $g(t)$. Уменьшение амплитуды распределения $g(t)$ при неизменной полуширине, или уменьшение полуширины $\varphi(t)$ при неизменной амплитуде переводит систему в точку, лежащую ниже автомодельной кривой (см. рис. 4), и соответствует подкритическим возмущениям. Такие изменения соответствуют уменьшению интеграла $N(t)$. Наоборот увеличение амплитуды или полуширины, а значит и общего интеграла $N(t)$, переводит систему в точку, лежащую выше. При большой убыли населения $N(t)$ точка попадает на траекторию C_i , описывающую цикл. То есть возмущенный профиль распределения начинает сначала растекаться, полуширина увеличивается, затем растекание останавливается и наблюдается быстрый рост с сокращающейся полушириной и выход на автомодельный режим. При этом в начале

²¹ Фукуяма Ф. Великий разрыв. М.: АСТ, 2004.

цикла скорость роста интеграла $N(t)$ резко уменьшается по сравнению с автомодельным значением скорости роста, которое наблюдалось до кризиса, а затем относительно быстро увеличивается до значений, превышающих докризисные.

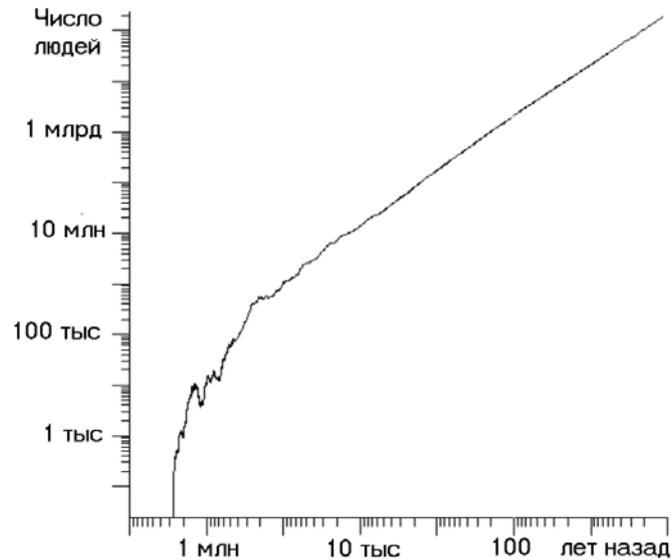


Рис. 6 График роста интеграла $N(t)$ при наличии флуктуаций в распределенной системе (4).

Как видно из рис. 4 размер циклов уменьшается с развитием, то есть возмущения оказывают все меньшее и меньшее влияние на растущую в режиме с обострением структуру, она все быстрее и быстрее восстанавливается после очередного кризиса, связанного с заметной потерей численности, и выходит на автомодельный режим.

Таким образом, исследования показали, что, несмотря на наличие флуктуаций и существование циклов основной тренд роста численности человечества соответствует закону (2), который в логарифмической шкале представляет собой прямую линию. На рис. 6 представлен график роста численности народонаселения Земли в двойном логарифмическом масштабе, полученный для модели с флуктуациями. Мы видим, что на ранних стадиях становления человеческого общества, несмотря на заметные флуктуации, наблюдается выход общего числа людей $N(t)$ на автомодельный закон роста (2). Впоследствии этот закон роста устойчиво держится, и флуктуации играют все меньшую и меньшую роль.

Глобальные исторические циклы

Модель глобальной эволюции С.П. Курдюмова позволяет описать не только динамику усредненного монотонного роста в режиме с обострением, но и циклическое развитие. Действительно, устойчивое развитие человеческой цивилизации в режиме с обострением описывает лишь основной тренд, тогда как более детальное рассмотрение обнаруживает существование социально-экономических и социокультурных циклов. Обычно под социокультурной циклическостью понимают просто чередование этапов взлета и падений, расцвета и упадка, ускорения и замедления, при этом сам процесс делят на два-четыре этапа. Длительность известных исторических циклов занимает от нескольких лет до нескольких столетий²². Некоторые исторические циклы связаны с общими ритмами

²² Кортаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Законы истории. Математическое моделирование исторических макропроцессов. Демография, экономика, войны. М.: КомКнига, 2005.

Вселенной, например, ярко выраженный 11-летний цикл, определяемый периодами активности Солнца.

Как отмечалось выше, в глобальной эволюции человечества обычно выделяют 11 главных исторических циклов, выражающихся в развитии и смене исторических эпох. Тогда как макроскопическая модель С.П. Капицы дает количественное описание исторических циклов, распределенная модель С.П. Курдюмова позволяет понять механизм их образования.

Снова обратимся к эволюции распределения плотности, описываемой уравнением (4), на которое действуют случайные возмущения. Введение флуктуаций уводит решение с автомоделной траектории как в одну, так и в другую сторону (см. рис. 4); но возмущенное решение спустя некоторое время снова возвращается на автомоделный закон развития. Относительно большие флуктуации, связанные с убывью интеграла $N(t)$, которые встречаются редко, приводят к глобальным циклам. Непосредственно связать главные исторические эпохи с флуктуациями численности населения и квазипериодическими сжатиями и расширениями профиля плотности затруднительно. Учтем, что численность людей связана с уровнем социально-экономического развития общества, который также рос в режиме с обострением, если его измерять, например, в мировом ВВП на душу населения [6]. Одно из возможных объяснений возникновения циклов с точки зрения социально-экономического развития всего мирового сообщества приведено ниже.

Петля, или цикл, на фазовой плоскости означает наличие нескольких стадий развития общества. На первой стадии цикла происходит падение плотности в центре и растекание. Это стадия упадка центра, сопровождающаяся ростом периферии и усилением центробежных процессов. В это время происходит распространение новых технологий и некоторых новых культурных и социальных образцов поведения, созданных в центре, на периферию, имеет место усиление и подъем периферии. На следующей стадии центр начинает возрождаться, начинается медленный рост плотности в центре, который к тому же сопровождается растеканием. На третьей стадии происходит подъем центра, он начинает быстро расти и опережать периферию, растекание заканчивается, усиливаются центростремительные процессы. Последняя стадия – это стадия роста по автомоделному закону, характеризующаяся усилением концентрации в центре, сильным опережением центра, расслоением и ростом неустойчивости, что приводит к кризису, распаду прежних структур и перестройке профиля распределения. Система приходит к началу нового цикла. В истории человечества в эти периоды происходила смена социально-экономических формаций, вызванная развитием производительных сил, которые переставали укладываться в прежние производственные отношения (структуры).

Толчком для нового витка цикла является изменение значений коэффициентов χ_0 и q_0 , двух констант, в которых аккумулированы многие свойства системы. Разумно предположить, что в процессе эволюции коэффициент диффузии χ_0 увеличивался в связи с усилением обменных процессов, развития транспорта и различного рода инфраструктурных связей. Увеличение константы χ_0 приводит к переводу системы на падающую траекторию C_i , в направлении пунктирной стрелки на рис. 4, то есть к началу нового цикла. Такое же влияние оказывает уменьшение значения коэффициентов q_0 . На рис. 8 на фазовой плоскости показана эволюция начального возмущения, характеризующаяся квазипериодическими сжатиями и расширениями решения при скачкообразном изменении коэффициента q_0 .

Вблизи момента обострения, где траектории плотно подходят друг к другу, даже небольшое изменение χ_0 (и/или q_0) перебрасывает решение на убывающий участок фазовой кривой и приводит к новому, правда, все меньшему, циклу. Из рис. 4 видно, что размер циклов (петель траекторий) по мере развития сокращается. Они по времени

государства, некоторые города, некоторые крупнейшие фирмы и т.д., и их доля сокращается со временем. Действительно, рост в режиме с обострением крайне неравномерен по пространству. Центральные элементы (подсистемы) единой структуры растут очень быстро, в то время как элементы, находящиеся на периферии – очень медленно. Чем дальше от центра находится точка, тем меньше она вырастет за все время существования, и наоборот, чем ближе к центру, тем сильнее ее рост. Эффективная ширина структуры сокращается. Амплитуда роста ограничена предельной кривой (16).

Таким образом, со временем из общей волны развития выпадают все больше и больше элементов системы, и эволюция всей системы начинает определяться развитием немногих центральных подсистем. Сначала из общего процесса развития выпадают самые далекие элементы, затем элементы, находящиеся чуть ближе к центру, затем подсистемы, расположенные еще ближе к центру. И это происходит вплоть до момента обострения, при котором только центр всей структуры асимптотически растет до бесконечности. Развитие, описываемое автомодельным решением на развитой стадии процесса, приводит к сосуществованию в одной структуре передовых, мощно развивающихся и определяющих эволюцию подсистем и отсталых, мелких давно выпавших из развития элементов. Это свидетельствует также о сильном внутрисистемном расслоении, когда теряется понятие образа некоторого среднего элемента системы. Ход течения истории человечества дает нам немало примеров, согласующихся с теоретическими и мировоззренческими выводами, вытекающими из рассматриваемой модели. Мы наблюдаем формирование развитых и так называемых развивающихся стран, а также существование выпавших из общей волны развития изолятов, в качестве которых могут выступать как отдельные страны, так и отдельные депрессивные территории внутри тех или иных стран.

Особенности динамического развития человеческого сообщества 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 людей²⁴: *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

²⁴ Важенин А.А. Эволюция пространственных структур расселения: смена закономерностей // Изв. РАН. Сер. Геогр. 2006, № 3. С. 29-38.

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 стабильность численности населения Земли на протяжении всего каменного века до эпохи неолита.

В модели заселение человеком Земли соответствует растеканию подкритического начального возмущения, которое происходит за счет сильного преобладания диффузионных процессов над процессами роста, и охватывает несколько самых длинных эпох (см. рис. 8). 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 (2). Это квазистационарная стадия развития режима с обострением (см. рис. 1).

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. Структуры, растущие в режиме с обострением, привязаны к пространству, характеризуются размером, местоположением и временем жизни.

Момент обострения (время жизни) является важнейшей характеристикой структуры и задает темп ее развития в текущий момент времени. Для простой отдельной структуры он напрямую связан с ее размером (численностью): чем меньше структура, тем больше ее момент обострения, тем медленнее она развивается по сравнению с другими более крупными структурами. Поэтому так важно, чтобы все небольшие структуры объединялись в одну сложную. 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 темпомире, 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 (см. рис. 5). 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, распались 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 (см. 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 слаборазвитых регионов из области влияния одной мощной структуры в область влияния другой. Особенно сильно это проявляется в XX веке, с началом демографического перехода. Если феодальное государство было направлено вовне: на расширение империи, на конкуренцию с другими империями за ресурсы, на поддержание связей 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, распад 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 финансовый 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, и ответственно за *это социально-экономическое развитие общества*.

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

1. *Предельное нарастание самой функции (количества).* 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 разному!*

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 нравственности²⁵.

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 *самой сильнейшей 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.

²⁵ *Катица С.П.* Демографическая революция, глобальная безопасность и будущее человечества // Будущее России в зеркале синергетики. М.: КомКнига, 2006. С.238-254.

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 и продавшей в 2007 г. более чем на 40 млрд. долларов программного продукта, большая часть населения живет также очень бедно; здесь есть бездомные, живущие вдоль главных дорог и питающиеся отбросами. 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»²⁶. 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.

Режимы с обострением, как было показано, заканчиваются коллапсом, при котором сжимающаяся волна развития падает на центр. К. Маркс, анализируя развитие капитализма в XIX веке, пришел к выводу, что его высшая и последняя стадия – империализм – закончится коллапсом. Это произойдет, поскольку нерегулируемый свободный рынок приводит к усилению процессов концентрации капитала и предприятий, созданию сверхмонополий, обнищанию масс и, как следствие, – к коллапсу всей социально-экономической системы. И коллапс экономики действительно имел место в США в конце тридцатых годов прошлого века, когда рухнула вся финансовая система и закрылись предприятия; сильнейший кризис потряс в то время и европейские страны.

Тогда в корне была изменена экономическая политика, заложены основы общества потребления, где основным платежеспособным покупателем стал сам рабочий, ранее прозябавший в нищете. Новая социальная и экономическая политика привела к значительному снижению расслоения общества и к формированию среднего класса. В развитых странах, особенно в Европе, удалось построить демократическое общество с эффективной экономикой и широкими социальными программами. Это дало новый мощный толчок к экономическому развитию в XX веке, научно-техническому прогрессу и информационной революции, но *не остановило коллапсирующего развития всего мирового сообщества!* Непосредственное тому подтверждение – мировой экономический и финансовый кризис, который разразился сейчас, в 2008 году, когда его всерьез никто не предрекал.

Коллапс не принял пока острую форму катастрофы, как это было в 1928 г., и, возможно, катастрофы удастся избежать. Хотя переходный период 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

²⁶ Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну. М.: Прогресс-Традиция, 2000.

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. Из-за неустойчивости развития точный прогноз в принципе не возможен, но вектор развития предсказать можно. 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 угла²⁷.

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»²⁸. 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»²⁹.

Нынешняя установка в управлении заключается в том, чтобы не просто предсказывать будущее, но и создавать желаемое будущее, конструировать будущее,

²⁷ Йонас Г. 2004. Принцип ответственности: Опыт этики для технологической цивилизации. М.: Айрис-Пресс.

²⁸ Гроф С., Ласло Э., Рассел П. Революция сознания. Трансатлантический диалог. М.: АСТ, 2004. С.20-21.

²⁹ Там же. С.44, 87.

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 создаются, 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.