

6

Термодинамические топки исторических экономик

Л. Г. Бадалян, В. Ф. Криворотов

В работе рассмотрена термодинамическая модель экономических процессов. Представлена лагранжева модель экономической деятельности как баланс между затратами труда и полученной в результате полезности. Показано, что ситуация равновесия, или гомеостазиса, крайне нестабильна. Стабилизацию можно обеспечить только за счет экономического роста. Последний возможен в двух типах открытых систем: за счет расширения на незаполненном рынке и за счет включения «машины Карно», работающей на разнице тепловых потенциалов – с обменными потоками между «нагретым» центром и более «холодной» периферией, богатой дешевой рабочей силой и обильными ресурсами. Переход развития на более обширную, но и более трудную для освоения гео-климатическую зону периферии происходит после периода «списания» выдыхающейся старой экономики в серии войн и катаклизмов. Освоение новой, намного более богатой зоны становится возможным за счет введения нового, скачкообразно более мощного энергоносителя. Рассмотрены термодинамические интерпретации ряда понятий, связанных с теорией ценозов: внутренний разогрев, связанный со специфической уникальной адаптацией; адаптационные вилки, где будущий доминант начинает переход на использование нового энергоносителя; период неустойчивости, связанный с конкуренцией первичных очагов цепной реакции роста; формирование компактного очага и его тиражирование. Особое внимание уделяется зажиганию цепных реакций экономического роста, связанных с основным энергоносителем данного ценоза. В заключение с точки зрения становления различных фаз цепной реакции роста рассматривается жизненный цикл исторических экономик. Представленный жизненный цикл иллюстрируется историческими и другими примерами. Предложен математический аппарат для описания модели с использованием терминов, уравнений и законов термодинамики.

Ключевые слова: история, экономика, рынок, термодинамика, степени свободы, классическая механика, звездная эволюция, теория ценозов, геоклиматическая зона, освоение территории, жизненный цикл, популяция, лагранжева модель, открытая система, цепная реакция, энергоноситель, машина Карно, очаги роста, равновесие.

1. Уникальная адаптация и «вилка» развития в период внутреннего разогрева начала ценоза

К 1763 г. в серии побед над Францией Британия вытеснила последнюю с Американского континента. Карты вновь были драматически переключены в 1783, когда Британия проиграла своим собственным колонистам в войне за независимость США и потеряла свою заморскую колонию. Но в итоге проигрыш оказался выигрышем, поскольку Британия лишилась доступа к американским ресурсам, но смогла быстрее развивать свою промышленность. Исчезла возможность эмуляции доминантной экономики того времени, типа имеющейся во Франции, основанной на богатых запасах древесины и гидроэнергетики рек. Тем самым была открыта дорога для новых технологий коксования угля, плавки чугуна и пудлингования железа, внедрение которых тормозилось иллюзорными ожиданиями дешевых заморских поставок. Британия ускорила индустриальную революцию и обрела свое истинное место в экономической и технологической истории.

Благодаря успехам и неудачам, оказавшимся впоследствии удачами, Британия встала на путь использования своей уникальной адаптации или сравнительного рикардиянского преимущества – богатых запасов угля, топлива, более энергоемкого, чем дерево, и соответствующего требованиям индустриальной эпохи. Это стандартный паттерн в истории. Следующий доминант выходит из предыдущей экономики, как правило, не по свободному выбору. В процессе обеспечивается эволюционный рост за счет перехода к новому энергоносителю, более эффективному и распространенному на его территории. В точности так же развитие Франции, предыдущего доминанта, сопровождалось «вилкой», когда две соседние страны выбрали разные пути использования специфического пиренейского комплекса выплавки железа и меди. Одна и та же технология «фарки»¹ вызвала две разные адаптации к местным условиям. Колониальная империя Испании выросла как прямое продолжение Реконксты, вариации крестовых походов Средневековья. При этом распространение католицизма в Испании продолжилось на базе технологий нового времени: каравеллы и пушек. Экономика осталась по существу средневековой, основанной на эксплуатации плантаций как адаптации манора к условиям тропического климата. Франция тем временем следовала своему рикардиянскому сравнительному преимуществу, связанному с использованием энергии рек. Экономика изменилась кардинально, породив предындустриальные формы типа королевских мануфактур на основе нового энергоносителя – каналов и гидроэнергии. Аналогичная «вилка» имела место и в США после 1860-х гг., когда в Гражданской войне между Севером

¹ Старинная пиренейская технология плавки железа в яйцеобразном сооружении (примерно метр на метр), к которому возводится доменная печь.

и Югом победила новейшая модель развития территории с помощью железных дорог и распродажи земли свободным фермерам в противовес распространению рабовладельческой плантации.

Новые пути развития возникают на периферии стареющего доминанта как уникальные адаптации стран к своим условиям, которые в дальнейшем обеспечивают освоение новых, до того практически недоступных геоклиматических зон. Появление нового полюса роста идет по законам цепной реакции, которая включается комбинацией уникальных взаимодополнительных условий. Это исключительно чувствительный механизм, который срабатывает только при условии наличия саморегуляции со стороны самого полюса роста. Даже начальный разогрев самой экономики должен контролироваться изнутри, поскольку только возникающий и вполне специфический комплекс технологий в состоянии использовать местный энергоноситель, ранее практически не находивший применения, и тем самым дать ход развитию геоклиматической зоны. Например, в XX в. только США удалось развить уникальную адаптацию к использованию нефти на основе полюса роста Питтсбург – Детройт.

Однако после того как реакция возникла и стабилизировалась, появляется отработанная модель. После Второй мировой войны ее уже можно было тиражировать на Западную Европу, ближнюю периферию начальной зоны. Аналогично британская модель индустриализации, основанная на угле, распространилась в той же Западной Европе после революций 1848 г., которые смели остатки “ancien regime”. Или, в смертельном клинче с Габсбургами, Франция утвердила свою модель в Тридцатилетней войне. После войны за испанское наследство (1701–1714), играющей в этом ценозе роль Второй мировой, эра Просвещения и ее идеи распространили французскую предындустриальную модель, позже дополненную Наполеоновским кодексом.

Еще до начала разогрева на заре ценоза появляется «вилка» с несколькими наведенными центрами, с перспективой формирования будущих полюсов роста. Это время **OUT** (выхода, распространения влияния) между ценозами, когда доминант, теряющий ресурсную самодостаточность и конкурентоспособность, использует свою силу и богатство для выхода на дальнюю периферию. Наведенные центры возникают в связи с потребностями доминанта, и их активность направлена на возрождение старой экономики за счет привлечения новых энергетических ресурсов и технологических средств дальней периферии. Старый доминант тем самым задает предпочтительное для него направление «вилки» для абсолютного большинства. В этом состоит *первая половина периода OUT*, в которой доминант достраивает свою экономическую инфраструктуру до глобальных размеров. Побочным эффектом этого развития является то, что вместе с ростом глобальной инфраструктуры усиливаются перифе-

рийные центры роста и связанные с ними регионы. *Вторая половина периода ОУТ* связана с регионализацией и усилением мультиполярности мира. Немногочисленная группа будущих претендентов, следуя своей уникальной адаптации, выбирает специализацию и формирует свое направление «вилки», используя давление доминанта и его богатство для внутреннего разогрева. И лишь одному из них удастся в будущем перейти на принципиально новую экономику и запустить цепную реакцию поддерживаемого роста, который можно распространять среди других. Поэтому основной чертой периода внутреннего разогрева в случае появления будущего доминанта является способность следовать своей уникальной адаптации. Выбор правильного направления «вилки» с формированием уникальной экономики помогает использовать доминант как средство и рычаг для дальнейшего внутреннего разогрева.

В работе мы моделируем видимую историю как последовательную передачу импульса (дисбаланса) развития через серию технологических революций. В соответствии с теорией ценозов (Бадалян, Криворотов 2005; 2006; 2007а; 2007б; 2007в; Badalian, Krivorotov 2006; 2007) этот импульс передается от ценоза к ценозу, зажигая новую цепную реакцию роста на базе освоения ресурса новой геоклиматической зоны. Последняя характеризуется своей четко очерченной территорией, специфическим набором полезных растений и животных, доминантным ресурсом, одним на зону, который становится доступен благодаря так называемому фундаментальному открытию и связанным с ним специфическим социальным институтам, которые делают освоение новой зоны возможным. Мы называем всю эту совокупность (техно)ценозом, имея в виду взаимозависимые пищевые цепочки и технологии, позволяющие освоить зону. В этом плане наш подход примыкает к кругу идей, связывающих источник экономического и технологического разнообразия с геоклиматическими условиями зон (Diamond 2005). Мы подчеркиваем в теории ценозов, что для конкретной геоклиматической зоны в процессе ее освоения эти условия носят эволюционный и комплексный характер, включая смену базовых институтов общества, фундаментальные открытия (Graebner 1911), технологические (Perez 2002) и военные (Downing 1992) революции, длинные циклы (Кондратьев 1989), связанные с инвестициями в фундаментальные технологии, диссипативные автоколебания поддержания и восстановления равновесия (Князева, Курдюмов 2005), в том числе демографически-структурного типа (Goldstone 1991) и т. п. Взаимосвязь и логика всех этих факторов (Нефедов 2007б) определяет *эволюцию человеческого общества, которая движется потребностью в освоении все новых геоклиматических зон в поиске условий и создании новых ниш для выживания. Это движение выражается в последовательности техноценозов, которые представляют собой форму освоения этих ниш в рамках системы пищевых цепочек на базе*

социально-экономических и технологических комплексов исторических обществ. Похожее понимание развито также в рамках эволюционной экономики, которая рассматривает человека и общество как еще один образец биологической экосистемы. Взаимозависимость разных социальных уровней далее моделируется уравнением Лотки – Вольтерра, изначально выписанном для модели «хищник – жертва». В рамках математической истории (Бородкин 2007а; 2007б; Гарскова 2007; Малинецкий 2005; 2007; Малинецкий, Потапов 2006; Малинецкий, Потапов, Подлазов 2006; Малков, Малинецкий, Чернавский 2007; Малков 2006; 2007а; 2007б) подобный подход, связанный с выделением исторических циклов, активно развивается в структурно-демографической теории (Goldstone 1991; Нефедов 2002; 2005; 2007а; 2007б; Нефедов, Турчин 2007; Турчин 2007а; 2007б; Коротаев 2006; Коротаев, Малков, Халтурина 2005а; 2007б; Turchin 2003; Nefedov 2004; Turchin, Nefedov 2009). Близкий по духу подход с привлечением Мир-Системной методологии выкристаллизовался в последние годы для решения проблем исторической периодизации и демографической динамики человечества (Гринин 2003; 2006; Гринин, Коротаев 2007; Коротаев и др. 2005б; 2007а; Коротаев 2007а; 2007б; Коротаев, Гринин 2007).

2. Освоение геоклиматической зоны, вспышка и поддержание цепной реакции экономического роста во время основной части жизненного цикла ценоза

Основная часть **IN** (внутреннего) жизненного цикла ценоза отсчитывается с его первого кондратьевского инфляционного пика. За счет комбинации внутреннего разогрева и колоссального сжатия экономики в точке инфляционного спада производства вспыхивает цепная реакция роста на базе нового энергоносителя. Период **IN** охватывает основные события жизни ценоза, связанные с освоением его геоклиматической зоны, богатой новым неэластичным ресурсом – для ценозов Нового времени это всегда энергоноситель². Первое такое событие – вспышка цепной реакции – в процессе выхода из инфляционного пика порождает период постглобальной, как правило, автаркической/полуавтаркической экономики с формированием нескольких узкоспециализированных полюсов роста, выросших в процессе глобализации на обслуживании нужд центра. Он характеризуется крайней неустойчивостью уже возникшей цепной реакции на фоне растущей конкуренции между отдельными полюсами с волновым распространением реакции аутсорсинга на более дальнюю периферию. Реальной опасностью является затухание реакции в связи с большой пло-

² От перводивульгаций до Средневековья энергия представлена через землю как источник питания людских коллективов и их тяглового скота, основной энергоноситель того времени.

шадью поверхности. Потери энергии системы многих полюсов значительно превышают потери одного консолидированного полюса. Исторически это исключительно тяжелое время, связанное с войнами, экономической разрухой и борьбой за доминирование. Самым последним примером является период между мировыми войнами XX в. Для прединдустриальной эпохи такую нагрузку нес период между Тридцатилетней войной, где были разбиты Габсбурги, и войной за испанское наследство. В этом смысле XIX в. стоит в истории особняком. Только Британия сделала ставку на уголь, поэтому полюс роста был один – конкурентов ей не нашлось. Период полюсов роста составляет первую половину периода **IN**, заканчиваясь победой одного из очагов, который становится доминантом. Во всех исторических случаях, за исключением уже упомянутого доминирования Британии, выход нового доминанта был связан с войнами претендентов, гомологичных Второй мировой войне. Победа доминанта завершает формирование его инфраструктуры или пищевых цепочек производства и распределения на базе нового энергоносителя. Далее последняя совместно со специфическим типом экономики может быть распространена на ближнюю периферию.

Этап тиражирования характеризуется стабильностью цепной реакции при переносе на схожие условия в рамках единой геоклиматической зоны. Например, первой страной, воспринявшей индустриальную революцию со стороны Британии, была Бельгия, до того находившаяся под постоянным давлением Франции. Здесь сыграла роль ранняя уникальная адаптация, связанная с технологиями прединдустриальной эпохи, в комбинации с наличием угля и железной руды. Следующей на очереди была отнюдь не Франция, которая испытывала трудности с адаптацией новой модели именно потому, что она являлась предыдущим доминантом. В рост пошла германские территории, но только после того, как революция 1848 г. смела последние остатки феодальных институтов. Германия восприняла индустриализм как зона второго эшелона, обладая областью Рура – Саара, позже, после Франко-прусской войны и воссоединения Германии, присоединив Эльзас-Лотарингию. Распространение характеризуется постоянством условий и накоплением богатств, связанных с построением экономики на базе нового, более эффективного энергоносителя, способствующего значительному повышению производительности труда по отношению к предыдущему. Так, классическая экономика нефти США базировалась на двигателе внутреннего сгорания и более конкретно – автомобиле, который, помимо технологических, привел к неисчислимым социальным последствиям, включая возникновение консьюмеристского общества. Аналогично угольная экономика фабрики, локомотива, парохода и железных дорог составила основу доминирующего могущества Британии. Менее известно, что экономика водяной турбины, каналов и королевской

мануфактуры на базе использования гидроэнергии в сочетании с древесным топливом составила основу господства Франции – доминанта XVIII в., предшествующего индустриализации Великобритании. Конец периода **IN** связан с выгоранием цепной реакции в рамках зоны и перенапряжением доминанта. Период дешевой энергии заканчивается, и доминант теряет конкурентоспособность по отношению к странам второго эшелона с более современной версией технологии и экономики.

Дальнейшее существование доминанта в периоде **OUT** зависит от того, насколько он способен использовать свое богатство и влияние для вовлечения стран и ресурсов дальней периферии в поддержание его господства. Возобновление цепной реакции связано с «тяжелыми», то есть гораздо более дорогими, технологиями использования энергоносителя. Так, например, для угольной экономики «тяжелый» уголь – это глубокие шахты, углезаправочные станции и перевозки через океан под охраной канонерок, то есть глобальная инфраструктура угля, основанная на новой технологии стального парохода конца XIX в. Для нефтяной экономики «тяжелая» нефть также включает глобальную инфраструктуру со значительным увеличением риска доставки. Включаются кислые, сульфурные нефти с головокружительной стоимостью рафинирования, нефтяные платформы добычи из океанских глубин, нефтяные пески Альберты, Арктика, сланцы Скалистых гор, а также войны в дальних странах и т. п. После выгорания «легкого» ядра энергоносителя остается ядро «тяжелое», которое требует намного более высокого уровня цен для возобновления цепной реакции. Необходимый сдвиг распределения оборота экономических потоков в область значительно более высоких температур происходит за счет распространения глобальной инфраструктуры на дальнюю периферию с соответствующим расширением пищевых цепочек добычи и распределения. Вместе с тем идет шкалирование вверх экономического и политического пространства доминанта, с широчайшим распространением его сферы влияния, с вынесением его экономических и политических интересов и позиций далеко за пределы его начальной геоклиматической зоны. Наведенные центры экономического роста, обслуживающие доминанта, становятся неотъемлемой частью его экономики. Для США конец этапа **IN** и начало **OUT** можно датировать президентством Рейгана, с началом массового переноса производства за рубеж на фоне массивного роста дефицитов платежного баланса. Вспышка цепной реакции экономического роста на базе «тяжелого» ядра энергоносителя происходит в точке второго инфляционного пика ценноза, гомологичного нефтяному шоку 1973–1981 гг., за счет комбинации спада производства под давлением инфляции и мощного разогрева, связанного с включением в хозяйственную оболочку доминанта сателлитных экономик.

3. Термодинамические топки экономик и популяций на базе цепных реакций роста

В рамках математического подхода, связанного с лагранжевыми механиками и термодинамикой, далее определим понятие продуктивности экономических систем и отдельных популяций на основании представлений о цепных реакциях роста, включая рост экономический и демографический. Неотъемлемой частью этого подхода является представление о температуре, связанное с равновесным распределением по типу Больцмана в термодинамике. Эти представления, а также термодинамическая модель оборота, опубликованная в работах авторов (Бадалян, Криворотов 2007а, 2007б), позволит дать целостное описание формирования, основных событий жизни и заката ценоза на основе запуска, трансформирования и затухания цепной реакции экономического роста на базе нового энергоносителя. Это описание иллюстрируется гомологичными фазами становления и развития цепных реакций термоядерного синтеза, происходящих в звездах.

3.1. Продуктивность популяций и экономических систем

3.1.1. Понятие продуктивности с точки зрения эволюционного критерия выживаемости

Эволюционный критерий выживаемости, связанный с уравнением Эйлера, в дифференциальной форме легко переформулировать в виде следующего утверждения.

Определение 1.

Полезность затрат $\delta A(x)$ равна их отдаче $-d\Phi(\dot{x})$:

$$\delta A(x) = -d\Phi(\dot{x}). \quad (3.1)$$

Здесь в соответствии с приведенной выше формулировкой критерия выживаемости отдачу следует понимать как произведение потока ресурса \dot{x} на приращение его предельной полезности $dP(\dot{x})$ или импульса, то есть:

$$-d\Phi(\dot{x}) = \dot{x}dP(\dot{x}).$$

Понятие продуктивности определяется способностью системы производить работу. Простейшими примерами является работа подогреваемого газа, связанная с наиболее распространенными способами генерации энергии: паровой двигатель, бензиновый мотор. В биологии и экономике примером подобного рода является работа популяции. Это главный ее ресурс, который позволяет ей выжить в эволюции, извлекая полезность из других ресурсов внешнего мира в соответствии с эволюционным критерием (3.1). Более того, поверх тонкой грани выживания и далеко за пределами затрат производятся все богатство и роскошь нашего мира, позволяющие ему быть таким, каков он есть. Эти примеры из физики, биологии и экономики ясно показывают, что продуктивные системы являются откры-

тыми, с подкачкой энергии извне, и если даже мы производим работу, то отдача может намного превышать уровень затрат.

3.1.2. Продуктивные и дистрибутивные системы

Примеры из экономики и биологии будем развивать далее на базе термодинамической модели оборота. *Задача состоит в том, чтобы извлечь работу из энергии движения системы со многими степенями свободы, потенциально открытой – то есть с подкачкой.* Это задача обратная тому, что имеет место в классической механике, где, как правило, тело приводят в движение с помощью внешних сил и потенциалов. В связи с этим

вместо кинетической энергии $dT(\dot{x}) = \dot{x}dP(\dot{x}) = M(\dot{x})d\frac{\dot{x}^2}{2}$, где

$M(\dot{x}) = \frac{\partial P(\dot{x})}{\partial \dot{x}}$ – коэффициент отдачи, появляется обратная величина –

энергия отдачи: $d\Phi(\dot{x}) = -dT(\dot{x})$.

Поскольку мы находимся в обобщенной механике Лагранжа, ничто не

мешает коэффициенту отдачи $M(\dot{x}) = \frac{\partial P(\dot{x})}{\partial \dot{x}} = \frac{\partial^2 L(x, \dot{x})}{\partial^2 \dot{x}}$ быть отрицатель-

ным. В условиях классической механики подобного обычно не происходит, поскольку $P = m\dot{x}$ и $M(\dot{x}) = m$, то есть физической массе.

Возможная отрицательность коэффициента отдачи $M(\dot{x})$, как выяснится далее, собственно, и определяет область продуктивности системы в связи с колоколообразным характером кривой импульса $P(\dot{x})$ (см. Рис. 1). Последний в рамках критерия выживаемости экономических, демографических и прочих живых систем рассматривается как предельная полезность потока ресурсов \dot{x} .

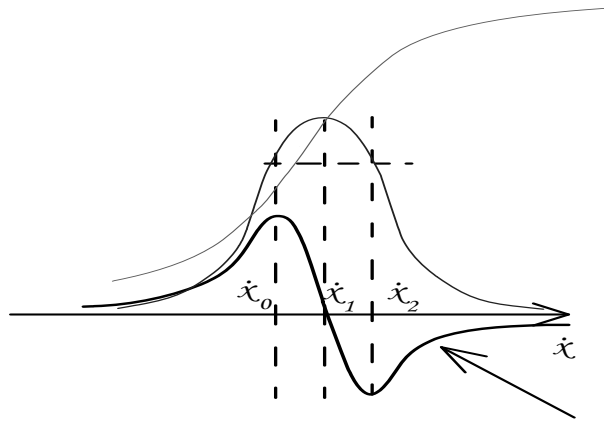


Рис. 1. Динамика, генерируемая уравнением $M(\dot{x}) = -\frac{\partial^2 L(x, \dot{x}, t)}{\partial \dot{x}^2}$

Таким образом, продуктивная часть колоколообразной кривой импульса $P(\dot{x})$ начинается после точки максимума x_1 , выражаясь отрицательностью $M(\dot{x})$, то есть $M(\dot{x}) = \frac{\partial P(x, \dot{x}, t)}{\partial \dot{x}} < 0$. В содержательном отношении

это означает, что сила отдачи направлена в сторону движения, а не против него, как в обычном случае инерционных систем классической механики. Основываясь на этом, далее будем называть $M(\dot{x}) < 0$ мультипликативной массой из-за ее свойства усиливать движение. Конечно, отрицательность $M(\dot{x})$ представляется парадоксальной с точки зрения обычных физических представлений об импульсе, который – как количество движения – казалось бы, должен возрастать по мере возрастания скорости \dot{x} . Между тем с более общих позиций и представлений о функции Лагранжа это не обязательно так. Если рассматривать функцию действия S в ее обычном смысле фазы, тогда функцию Лагранжа $L(x, \dot{x}, t)$, как полную производную действия S по времени, то есть $L(x, \dot{x}, t) = \frac{dS(x, \dot{x}, t)}{dt}$, сле-

дует рассматривать в смысле угловой скорости или оборота фазы. Что же касается оборота, то нет ничего более естественного, чем представлять его в виде S -образной кривой, то есть с пределом оборота и перегибом в точке \dot{x}_1 , подобно тому, как изображено на Рис. 1. Именно в этом случае импульс является колоколообразной кривой, как это, собственно, предполагается в критерии выживания.

Как мы увидим далее, отрицательность $M(\dot{x})$ и знаковая антисимметрия кинетической энергии и энергии отдачи связаны с различными типами систем механики, энергию которых мы стремимся использовать. Легко видеть, что для обычных случаев классической механики, в отличие от кинетической энергии, где $T(\dot{x}) \geq 0$, энергия отдачи всегда $\Phi(\dot{x}) \leq 0$. Это отражает тот факт, что в соответствии с третьим законом Ньютона сила отдачи, которая производит работу, связанную с энергией отдачи, направлена против движения. Далее, в соответствии с законом сохранения, то есть интегралом движения $T(\dot{x}) + U(x) = E(x, \dot{x}) = const$, приобретенная энергия лишь распределяется и перераспределяется. В соответствии с этим классические системы механики закрыты, то есть дистрибутивны по отношению к энергии. Иными словами, они ее никак не производят, а только сохраняют и передают.

Широко известны также системы, производящие энергию. Под этим обычно понимается высвобождение внутренней энергии того или иного энергоносителя. Это открытые системы, связанные с переводом энергии из какой-то латентной формы в доступную для использования, то есть системы с подкачкой. Как правило, это системы многих частиц, и даже если уравнения на этот счет имеются, то они специфичны для каждого конкретного случая.

Генерация энергии представляет собой основную характеристику экономических процессов, составляя саму суть экономического роста, инвестиционной активности, капиталистического процесса как такового. Все это – самовозрастание стоимости. По существу, процессы самогенерации, включая самовозрастание и самоубывание стоимости и т. п., настолько характерны для экономики, что выделяют ее из других наук, включая физику, в том смысле, что без этих процессов она не представляется возможной.

3.1.3. Инерционные и мультипликативные механики и их связь с продуктивностью

Процесс генерации энергии, как и классический процесс ее дистрибуции, имеет ясную механическую основу.

а) В классической механике масса связана с отдачей в виде *инерционной (тормозящей) реакции тела, которому передается энергия*. Инерционная масса определяется тормозящей силой инерции, которая прилагается к среде **против движения**, как результат увеличения скорости тела на единицу.

б) Генерация энергии вызывает реакцию, прямо противоположную инерционной. Инерционная реакция торможения меняется на ускорение – мультиплицирование движения. В этом случае масса связана с отдачей в виде *мультипликативной (ускоряющей) реакции тела, которое генери-*

рует энергию. Мультипликативная масса определяется ускоряющей мультиплицирующей силой, которая, как и в случае инерционной массы, прилагается к среде, но **в направлении движения**, как результат увеличения скорости тела на единицу.

Это иллюстрируется примером человека под горкой, вытягивающего тросом груз, находящийся по ту сторону горки. Как только груз ценой затрат больших усилий достигнет вершины горки, он может скатиться с нее, возможно, вызывая лавину, то есть со значительной амплификацией за счет использования латентной энергии покоящихся камней с переводом ее в кинетическую энергию движения.

Инерционные или *мультипликативные* массы – это просто разные реакции отдачи тела на единицу увеличения его скорости, которые возникают при дистрибуции или генерации им энергии. Фундаментальную разницу реакции отдачи для генерации энергии по отношению к дистрибуции можно связать с тем, что в этом случае речь идет о фазовом переходе латентной внутренней формы энергии в кинетическую энергию движения.

Классические дистрибутивные (распределительные) или продуктивные системы механики как их антипод определяются тем, в какую сторону направлена сила отдачи – против движения (в классике) или по движению.

$$а) \text{ Отдача направлена против движения: } \delta A(x) = -d\Phi(\dot{x}) = M(\dot{x})d\frac{\dot{x}^2}{2},$$

$M(\dot{x}) > 0$. В этом случае мы находимся в классической системе инерционных механик (с положительной массой³) вне зависимости от того, является ли это механикой Эйнштейна или Ньютона. Движение осуществляется путем воздействия обобщенной силы: $F(x, \dot{x}) = -\frac{d\Phi(\dot{x})}{dx} = \frac{\dot{x}dP}{dx} = \frac{dP}{dt}$, генерируемой средой (внешней или внутренней) на точку траектории, которая изменяет направление импульса системы в соответствии с уравнением Эйлера.

$$б) \text{ Отдача направлена по движению: } \delta A(x) = -d\Phi(\dot{x}) = M(\dot{x})d\frac{\dot{x}^2}{2},$$

$M(\dot{x}) < 0$. В этом случае мы находимся в системе мультипликативных механик – с отрицательной массой. В случае изолированной системы и в отсутствие диссипации, то есть $K(x, \dot{x}) = \frac{\partial P(x, \dot{x})}{\partial x} = 0$, движение возможно только с постоянной скоростью. В противном случае движение

³ Все известные механики, изучаемые в физике Ньютона или Эйнштейна, за исключением неинерциальных систем общей теории относительности, как известно, связаны с понятием инерции.

будет генерировать работу, поэтому в соответствии с законом сохранения в систему необходимо внести внешнюю силу, против которой будет совершаться полезная работа отдачи, то есть $F(x, \dot{x}) = M(\dot{x})\ddot{x}$. В случае диссипации свободное движение $P(x, \dot{x}) = const$ дает уравнение:

$$K(x, \dot{x})\dot{x} + M(x, \dot{x})\ddot{x} = 0, \quad (3.2)$$

где

$$K(x, \dot{x}) = \frac{\partial P(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}} = \frac{\partial^2 L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x} \partial x} - \quad (3.3)$$

диссипативное ядро, а (3.4) – масса.

$$M(x, \dot{x}) = \frac{\partial P(x, \dot{x})}{\partial \ddot{x}} = \frac{\partial^2 L(x, \dot{x})}{\partial^2 \dot{x}}. \quad (3.4)$$

Считая для простоты, что $K(x, \dot{x}) = \bar{K} = const > 0$, $M(x, \dot{x}) = -\bar{M} = const < 0$ в условиях мультипликативной механики отрицательной массы, свободное движение развивает экспоненциальную скорость, поскольку (3.2) в условиях постоянных коэффициентов \bar{K} и \bar{M} , $k = \frac{\bar{M}}{\bar{K}}$ переходит в

$$\ddot{x} = k\dot{x}, \text{ откуда } \dot{x} = ae^{kt}. \quad (3.5)$$

В общем случае уравнение движения, очевидно, выглядит таким образом:

$$\frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial x} = F(x, \dot{x}) = K(x, \dot{x})\dot{x} + M(x, \dot{x})\ddot{x}. \quad (3.6)$$

3.2. Продуктивные системы и цепные реакции

Продуктивные системы, прежде всего в экономике, тесно связаны с представлениями о массовых процессах и цепных реакциях. Цепная реакция или лавина, по существу, является наиболее ясным из известных доказательств того, что мультипликативные механики или механики самогенерации реально существуют в природе. Действительно, *механика лавины и цепной реакции состоит ровно в том, что последняя ускоряется, поскольку увеличение ее скорости, увеличивая энергетическую отдачу процесса, порождает силу в направлении движения*. Именно это утверждение является основой определения мультипликативных механик п. 3.1.3, представленного выше.

Пример цепной реакции и лавины ясно показывает также принципиальность открытости системы и подкачки энергии для возникновения эффекта самоускорения в реальных случаях жизни. Отметим особо, что открытость систем мультипликативных механик, очевидным образом, предполагает принципиальную неинерциальность их систем отсчета.

Использование концепции неинерциальности в новом контексте

мультипликативных механик становится вполне совместимым с известными принципами неинерциальности систем, если учесть, что последние всегда открыты, то есть связаны с воздействием внешних сил. В этом смысле воззрения Эйнштейна об относительности и особенно эквивалентности гравитационного поля, то есть геометрии пространства, неинерциальности системы отсчета, с их внешними силами, кажутся вполне параллельными с представлениями Берталанфи об открытых системах, возникшими на 50 лет позже, а именно: выживание системы, связанное с ее обменными потоками, организует систему как геометрию среды, которая характеризуется геометрическим свойством открытости:

- границей;
- проницаемостью системы для внешних потоков;
- воспроизводимостью потоков.

Неинерциальные системы, в которых силы инерции могут быть направлены, вообще говоря, произвольным образом по отношению к движению тела, в зависимости от движения самой системы отсчета, в этом смысле наиболее близки к мультипликативным механикам.

Технически мультипликативная (негативная) масса была введена в (Бадалян, Криворотов 2006: 7–8) для S -образной функции полезности Лагранжа, которую легко связать со статистическими распределениями. Термодинамическая модель оборота использует мультипликативность массового коэффициента отдачи в связи с максвелловским распределением скоростей для моделирования свойства самовозрастания стоимости. Уравнения (3.2), (3.6) сразу приобретают сложность, как только речь заходит о массовых процессах, где массовый коэффициент отдачи $M(x, \dot{x})$ вычисляется исходя из средних энергий по распределению.

Практически во всех известных случаях экономики и большинстве случаев физики уравнения (3.2), (3.6) устроены так, что самогенерацию нельзя получить «бесплатно». Как правило, требуются большие начальные энергетические затраты, чтобы просто включить процесс, еще большие, чтобы довести его до уровня самоподдержания, когда уровень отдаваемой энергии начинает превышать затраты и может идти в потребление. Иными словами, поскольку цепную реакцию надо сначала «зажечь», то уравнение (5.0) для этого случая без правой части не работает, то есть имеет место общее уравнение (3.6):

$$F(x, \dot{x}, \ddot{x}) = K(x, \dot{x})\dot{x} + M(x, \dot{x})\ddot{x},$$

где $F(x, \dot{x}, \ddot{x})$ – управляющее воздействие, которое:

- компенсирует начальные затраты на «зажигание» процесса, включая диссипативные и инерционные;
- обеспечивает теплоотвод в течение продуктивного периода после «зажигания» цепной реакции, когда энергия отдачи начинает превышать диссипацию.

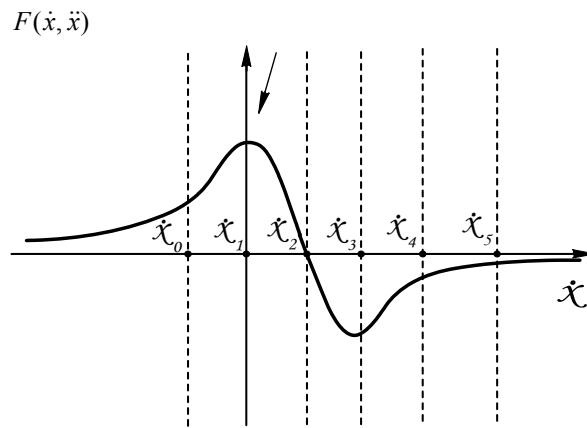


Рис. 2. Гипотетический пример «зажигания» цепной реакции

На Рис. 2 представлен гипотетический пример «зажигания» цепной реакции и выход на продуктивный период в зависимости от скорости оборота \dot{x} .

- $[\dot{x}_0, \dot{x}_1]$ – это период активного подвода энергии с целью «зажигания» реакции. Диссипативный член $K(x, \dot{x})\dot{x}$ и инерционный $M(x, \dot{x})\ddot{x}$ оба положительны. Это период нарастания расходов энергии как по причине диссипативных потерь, так и вследствие необходимости положительного ускорения $\ddot{x} > 0$ для перевода процесса в зону продуктивности $\dot{x} > \dot{x}_2$ (для простоты положим $K(x, \dot{x}) = K(\dot{x})$ и $\ddot{x} = \ddot{x}_0$).

- $[\dot{x}_1, \dot{x}_2]$ – это период зажигания реакции, ее стабилизации и выхода на самообеспечение. При этом \dot{x}_1 – точка вспышки, \dot{x}_2 – точка, в которой выход реакции начинает покрывать диссипационные расходы, то есть $K(x, \dot{x})\dot{x} + M(x, \dot{x})\ddot{x} = 0$.

- $[\dot{x}_2, \dot{x}_3]$ – это период выхода на максимальную мощность, где \dot{x}_3 – точка достижения максимальной мощности.

- При этом $[\dot{x}_2, \dot{x}_4]$, когда $F(x, \dot{x}, \ddot{x}) < 0$ достигает по модулю максимальных значений, можно назвать периодом продуктивности, а $\dot{x} > \dot{x}_4$ – периодом затухания.

В качестве примера в рассмотрена популяция, в которой функция Лагранжа $L(x, \dot{x})$ равна внутренней энергии $U(x, \dot{x})$, $U(x, \dot{x}) =$

$$= \bar{U}(\dot{x}) + U(\dot{x}) \text{ с диссипативной } \bar{U}(\dot{x}) = \int_{-\dot{x}}^{\dot{x}} \int_0^x K(x, \dot{x}) dx d\dot{x} \text{ и консервативной}$$

$U(\dot{x}) = \int_{-\dot{x}}^{\dot{x}} \int_0^{\dot{x}} M(\dot{x}) d\dot{x} d\dot{x}$ составляющими. При этом диссипационные потери

покрывались работой членов популяции в процессе обмена «затраты – полезность» по всему диапазону скоростей с помощью термодинамической модели оборота, и внутренняя энергия могла быть продуктивно использована.

В этих условиях диссипативное ядро $K(x, \dot{x})$ и коэффициент отдачи $M(x, \dot{x})$ в уравнении (3.6) принимают следующие значения:

$$K(x, \dot{x}) = nk(x, \dot{x})\dot{x}\rho(\dot{x}), \quad (3.7)$$

$$M(x, \dot{x}) = nm\dot{x}(2\rho(\dot{x}) + \frac{\partial \rho(\dot{x})}{\partial \dot{x}}\dot{x}), \quad (3.8)$$

где $\rho(\dot{x})$ – распределение скоростей; m – массовый коэффициент отдачи;

n – количество членов популяции; $k(x, \dot{x}) = \frac{m\dot{x}}{l}$; l – запас ресурсов на единицу популяции.

Для распределения Максвелла $\rho(\dot{x}) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\dot{x}^2}{2\sigma^2}}$, $\sigma = \sqrt{\frac{kT}{m}}$ имеем:

$$M(\dot{x}) = \frac{2mn}{c\sqrt{\pi}} \dot{x} \left(1 - \frac{\dot{x}^2}{c^2}\right) e^{-\frac{\dot{x}^2}{c^2}} = \frac{2mn}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{T_{\dot{x}}}{T}} \left(1 - \frac{T_{\dot{x}}}{T}\right) e^{-\frac{T_{\dot{x}}}{T}}, \quad (3.9)$$

где c – наимвероятнейшая (равновесная) скорость; T – равновесная температура $2kT = mc^2$; $T_{\dot{x}}$ – неравновесная температура оборота, которую мы сопоставляем с оборотом \dot{x} по аналогичной формуле: $2kT_{\dot{x}} = m\dot{x}^2$.

Для диссипативной силы F давления затрат в условиях распределения Максвелла получаем аналог газового закона:

$$FX = nkT, \quad (3.10)$$

где X – общий запас ресурсов популяции.

В более общем виде это записывается таким образом:

$$F = \frac{1}{l} \int_{-\infty}^{\infty} k(x, \dot{x})\dot{x}\rho(\dot{x})d\dot{x}, \quad (3.11)$$

где $\rho(\dot{x})$ – распределение; l – длина свободного пробега, что для популяции означает удельный ресурс на единицу популяции $X = nl$ в (3.10) – используется далее как макропеременная типа объема для популяции.

3.3. Первый и второй законы термодинамики в приложении к экономическим и популяционным системам

3.3.1. Первый закон термодинамики для популяционных и экономических систем

Лагранжевы системы, построенные на основе концепции оборота, естественным образом достраиваются до термодинамических. Это связано с S -образностью функции оборота, которая естественным образом может быть построена на базе колоколообразных распределений по скоростям типа Максвелла. Более того, даже сама функция Лагранжа, особенно рассмотренная для ограниченной системы, как это будет показано ниже, имплицитно связана с представлениями о балансе потоков энергии, который является основой первого закона термодинамики.

Ключевым понятием, которое позволит рассмотреть функцию Лагранжа для ограниченной системы, является поток $P\dot{x}$ переносимого импульса системы. Последний имеет размерность энергии, и его дифференциал $d(P\dot{x}) = P d\dot{x} + \dot{x} dP$ равен приращению функции Лагранжа:

$$dL(x, \dot{x}) = d(P\dot{x}) = P d\dot{x} + F dx = dU(x, \dot{x}) + \delta A(x, \dot{x}). \quad (3.12)$$

Довольно очевидно, что если удастся проинтегрировать функцию Лагранжа по скоростям системы, мы избавляемся от микропеременных x и \dot{x} , поскольку $dL(x, \dot{x}) = dU(x, \dot{x}) + \delta A(x, \dot{x})$ выглядит как микроаналог суммы внутренней энергии и работы, которые для макропеременных присутствуют в первом законе термодинамики. Между тем для получения осмысленных средних величин статистическую совокупность членов популяции следует интегрировать по мере, связанной с распределением скоростей. По существу, именно это и сделано в предыдущем п. 3.2, когда в качестве функции Лагранжа $L(x, \dot{x})$ рассмотрен оборот $U(x, \dot{x}) = \bar{U}(\dot{x}) + U(\dot{x})$ с диссипатив-

ной $\bar{U}(\dot{x}) = \int_{-\dot{x}}^{\dot{x}} \int_0^x K(x, \dot{x}) dx d\dot{x}$ и консервативной $U(\dot{x}) = \int_{-\dot{x}}^{\dot{x}} \int_0^{\dot{x}} M(\dot{x}) d\dot{x} d\dot{x}$ составляющими, а именно:

- составляющая $U(\dot{x})$ получается усреднением первого члена

$\int P d\dot{x} = \int m \dot{x} d\dot{x} = \frac{m \dot{x}^2}{2}$ переносимого импульса для одиночной частицы по распределению $\rho(\dot{x})$ скоростей, так что:

$$U(\dot{x}) = \int_{-\dot{x}}^{\dot{x}} \frac{mn}{2} \dot{x}^2 \rho(\dot{x}) d\dot{x} = \int_0^{\dot{x}} nm \dot{x}^2 \rho(\dot{x}) d\dot{x} = \int_0^{\dot{x}} P(\dot{x}) d\dot{x},$$

где $P(\dot{x})$ – консервативная часть общего импульса системы $P(x, \dot{x}) = P(\dot{x}) + \bar{P}(x, \dot{x})$. Коэффициент отдачи $M(\dot{x})$ выше получается при этом

простым дифференцированием $M(\dot{x}) = \frac{\partial P(\dot{x})}{\partial \dot{x}}$ (см. 3.8).

• Составляющая $\bar{U}(\dot{x})$ получается усреднением второго члена $\int \dot{x} dP = \int k(x, \dot{x}) \dot{x} dx$ переносимого импульса для одиночной частицы по распределению $\rho(\dot{x})$ скоростей, так что $\bar{U}(\dot{x}) = \int_{-\dot{x} \in \lambda(\dot{x})}^{\dot{x}} \int_x nk(x, \dot{x}) \dot{x} \rho(\dot{x}) dx d\dot{x}$, где

кривая интегрирования $x \in \Omega(\dot{x})$ связана с циклом свободного пробега – то есть наличного ресурса – длины $2l$, в процессе которого импульс меняется на противоположный, исходя из термодинамической модели оборота. При этом $K(x, \dot{x}) = nk(x, \dot{x}) \dot{x} \rho(\dot{x})$ по формуле (3.7) и $k(x, \dot{x}) = \frac{m\dot{x}}{l}$.

Для того чтобы перейти к макропеременным, осталось положить $\dot{x} = \infty$ в $L(x, \dot{x}) = L(\dot{x}) = \bar{U}(\dot{x}) + U(\dot{x})$, то есть проинтегрировать $U(\dot{x})$ и $\bar{U}(\dot{x})$ по полному распределению скоростей. Если сделать это для распределения Максвелла, то для $U(\infty)$ получим:

$$U(\infty) = \frac{1}{2} nkT, \quad (3.13)$$

на одну степень свободы

$$\delta \bar{U}(\dot{x}) = \delta A = F dX, \quad (3.14)$$

где $X = nx$ переменная общего ресурса популяции.

$F = \frac{1}{l} \int_{-\infty}^{\infty} k(x, \dot{x}) \dot{x} \rho(\dot{x}) d\dot{x}$, что в условиях $k(x, \dot{x}) = \frac{m\dot{x}}{l}$ дает формулу:

$$F = \frac{1}{l} \int_{-\infty}^{\infty} m\dot{x}^2 \rho(\dot{x}) d\dot{x}.$$

Как видно из (3.13)–(3.14), мы переходим к следующим макропеременным:

- F – давление затрат в смысле (3.10).
- $X = nx$ – общие запасы ресурсов популяции в смысле того же уравнения (3.10). Для отличия от микрокоординат, которые мы ранее обозначали через строчные символы, **для общих запасов будем далее использовать заглавный символ X** . Общие запасы играют в популяции ту же роль, что и объем в идеальных газах. Вместе с тем, как включающие длину свободного пробега, они имеют важнейший статистический смысл, очевид-

ным образом связанный с параметром типа свободного пространства или объема.

- T – популяционная температура.

Для функции Лагранжа относительно тройки макропеременных (F, X, T) , которые отвечают классическим (p, V, T) – давление, объем, температура теории газов мы будем использовать обозначение $L(\infty) = L(F, X, T)$.

Поскольку на бесконечности переносимый импульс равен нулю, справедливо

$$L(x, \infty) = L(F, X, T) = \frac{1}{2}nkT + \int FdX = \int_{\dot{x}=-\infty}^{\dot{x}=\infty} d(P\dot{x}) = 0. \quad (3.15)$$

Иными словами, интегрируя приращение функции Лагранжа – или дифференциал переносимого импульса (3.12) – по всему диапазону скоростей, **получаем первый закон термодинамики для замкнутой системы:**

$$dL(F, X, T) = dU + \delta A = dU + FdX = 0. \quad (3.16)$$

Это позволяет сделать вывод, что термодинамики – это механики с бесконечным числом частиц. С этой точки зрения их можно называть стохастическими механиками, имея в виду распределения скоростей.

Для общего случая первого закона, как известно, справа в (3.16) появляется отличный от нуля член δQ , который в термодинамике принято называть количеством тепла, подведенным к телу. Для того чтобы перейти к этому общему случаю, заметим, что пример выше с распределением Максвелла предполагает на самом деле неограниченную систему, поскольку уравнение (3.16) справедливо для любой точки ресурсного пространства. Условие (3.16) есть замкнутость в том простом смысле, что со стороны бесконечности энергия не передается, поскольку, по условию, система неограниченна и может располагать только энергией, которая находится в каких-то ее пределах. Между тем неограниченная замкнутая система – это экстремальный пример, для изучения более доступны именно ограниченные системы, имеющие вполне определенные границы в пространстве.

Допустим теперь, что такая ограниченная система незамкнута. В этих условиях в законе сохранения энергии справа появляется поток энергии через границу системы, то есть:

$$dU + pdV = dQ.$$

Тогда исходный интеграл следует переписать в виде $\int_{\Gamma, \dot{x}=-\infty}^{\dot{x}=\infty} d(P\dot{x}) \neq 0$ – потока переносимого импульса через границы Γ системы по всему рас-

пределению скоростей $\dot{x} \in [-\infty, \infty]$. С учетом модификации (3.16) для ограниченной системы вместо (3.15) мы имеем $L(F, X, T) = \int_{\Gamma, \dot{x}=-\infty}^{\dot{x}=\infty} d(P\dot{x}) \neq 0$.

Сравнивая это с (3.16), получаем:

$$L(F, X, T) = U + \int FdX = \int_{\Gamma, \dot{x}=-\infty}^{\dot{x}=\infty} d(P\dot{x}) = Q, \quad (3.17)$$

где функция Лагранжа $L(F, X, T)$ для равновесных макропеременных F, X, T определена с точностью до константы.

Формула (3.17) показывает, что *поток переносимого импульса через границы системы есть не что иное, как подводимая (отводимая) энергия со стороны внешней среды.*

Можно переписать (3.17) в классической форме первого закона термодинамики для статистических систем:

$$dU = \delta Q - \delta A, \quad (3.18)$$

где δQ – подводимое тепло, а $\delta A = FdX$ – производимая системой работа.

3.3.2. Второй закон термодинамики и продуктивность

Из формулы (3.17) видно, что пересекающая границу системы энергия внешней среды складывается из двух компонент переносимого импульса:

$$Q = Q_T + Q_\phi, \text{ где } Q_T = \int_{\Gamma, \dot{x}=-\infty}^{\dot{x}=\infty} P d\dot{x}, \quad Q_\phi = \int_{\Gamma, \dot{x}=-\infty}^{\dot{x}=\infty} \dot{x} dP. \quad (3.19)$$

1. **Микропотоки** Q_T . Поскольку для исходной функции Лагранжа $L(x, \dot{x})$ относительно микропеременных x, \dot{x} , $dU(\dot{x}) = P d\dot{x}$ согласно определению импульса, после интегрирования по распределению Максвелла имеем:

$$U(n, T) = \int_{\dot{x}=-\infty}^{\dot{x}=\infty} P d\dot{x} = \frac{1}{2} nkT.$$

Это означает, что $dU = dQ_T$, приращение внутренней энергии в этом случае идет путем подвода или отвода тепла за счет градиентов температуры (теплопроводность) или количества частиц через границу Γ и непосредственно не связано с произведением работы pdV . *Это микропотоки, связанные с нагреванием-охлаждением и диффузией вещества через геометрическую границу системы γ .*

2. **Макропотоки** Q_ϕ . Что же касается второго члена Q_ϕ из формулы (3.19), то это тепло связано с балансом изменения импульса через границу

и в соответствии с уравнением Эйлера непосредственно связано с производением работы, поскольку $\int_{\Gamma, \dot{x}=-\infty}^{\dot{x}=\infty} p dV = \int \dot{x} dP = Q_\phi$. Подчеркнем, что им-

пульсы макропотоков Q_S , связанные с совершением работы δA , обусловлены отдачей реальных пространственных потоков ресурса \dot{x} , которые влияют на приращение импульса через массовый коэффициент отдачи $M(\dot{x})$, а именно, без диссипации:

$$dP(\dot{x}) = M(\dot{x}) d\dot{x}. \quad (3.20)$$

С диссипацией в уравнение входит диссипативное ядро $K(x, \dot{x})$, так что:

$$dP(\dot{x}) = M(\dot{x}) d\dot{x} + K(x, \dot{x}) dx, \quad (3.21)$$

где $P(x, \dot{x}) = \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}_i}$, $K(x, \dot{x}) = \frac{\partial^2 L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x} \partial x}$, $M(\dot{x}) = \frac{\partial^2 L(\dot{x})}{\partial \dot{x}^2}$.

Для популяционной, экономической и прочих систем с жизнедеятельностью можно сформулировать следующее различие между реальными пространственными потоками ресурсов извне системы и импульсными потоками их отдачи Q_ϕ .

а) *Пространственные макропотоки ресурсов \dot{x}* . Это потоки вещества, которые поступают через геометрическую границу системы, и приводят к подкачке кинетической энергии, а также скачкам или падению давления, поскольку $f dx = \dot{x} dP = M(\dot{x}) d \frac{\dot{x}^2}{2}$, где f – микросила. С точки зрения лагранжевой микродинамики популяции, $f dx$ после интегрирования по всему распределению скоростей переходит в $F dX$, где F – «давление затрат», то есть затраты на единицу популяции а координата X – текущие запасы ресурса на единицу популяции.

б) *Импульсные макропотоки Q_ϕ* . В популяционных, экономических и других живых системах пространственные макропотоки \dot{x} превращаются в импульсные при переходе через другую – негеометрическую – границу, после чего и происходит непосредственная подкачка внутренней энергии системы. Это **фазовая граница системы**, после перехода через которую латентная энергия физического потока ресурсов превращается во внутреннюю энергию и работу популяции. Так, физические килограммы пищи в процессе потребления (переваривания) людьми переходят фазовую границу с выделением энергии, идущей от жиров, протеинов и т. д., необходимой для жизнедеятельности, то есть превращаются в рабочее время, необходимое для функционирования экономической или демографической системы. Таким же образом тонны энергоносителя, сжигаемые

в двигателях машин, превращаются в так называемые лошадиные силы, пригодные для использования в экономике. Как уже было сказано выше, массовый коэффициент отдачи $M(\dot{x})$ и коэффициент диссипации $K(x, \dot{x})$ определяют потоки импульсов отдачи и потерь. В данном контексте фазовое состояние системы – или ее элементов – понимается в очень широком смысле. В качестве примеров выступают как классические фазовые переходы, так и любые физические и химические реакции, связанные с выделением и поглощением энергии – горение, термоядерная и т. п. К этому же типу принадлежат цепные реакции, рассматриваемые в данной работе, и прежде всего цепные реакции экономического роста. Действительно, при ближайшем рассмотрении совершенно очевидно, что экономический рост идет в реальном физическом ценозе за счет использования его реальной физической энергии и основного энергоносителя данной эпохи. Между тем **экономика ценоза и сам физический ценоз – это разные, сосуществующие, но связанные фазы нашей реальности**. Впрочем, они вполне материальны, в этом можно убедиться в процессе повседневной жизни, где материальность зарплаты столь же неоспорима, как и покупаемые с ее помощью хлеб и апельсиновый сок. Последние работают в точности так же, как растопка для костра, когда выделяется запасенная в ней энергия, за счет чего этот костер и можно зажечь.

3. **Диссипация импульса.** Диссипация импульса порождается макропотоками $dP > 0$, если импульс $P(x, \dot{x})$ имеет производную по координате

$$K(x, \dot{x}) = \frac{\partial P(x, \dot{x})}{\partial x} = \frac{\partial^2 L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x} \partial x}, \text{ где } L(x, \dot{x}) \text{ – функция Лагранжа.}$$

Рассмотрим открытую систему типа Бераланфи, в которой пренебрежем эффектами, связанными с тепловыми потерями и диффузией (микротоками Q_T). В этой ситуации в энергетический баланс первого закона термодинамики входят только импульсные макропотоки Q_ϕ . Это потоки отдачи, в основе которых находится движение геометрически-пространственных макропотоков вещества \dot{x} со стороны среды, которые для популяционных, экономических и прочих живых систем представляют собой пищу, энергоносители и другие ресурсы жизнеобеспечения.

Положим, что в процессе выживания открытая система поддерживает два взаимосвязанных баланса.

- **Внешний баланс со средой.** В этом балансе добыча и доставка ресурсов обеспечивается диссипативными затратами, пропорциональными расходу ресурсов и связанными с необходимой работой популяции δA_n (необходимые затраты), с коэффициентом пропорциональности, равным диссипативной силе F , так что для макропеременных $\delta A_n = F dX$. В соответствии с уравнением Эйлера выполняется равенство $\delta A_n = F dX$, которое

получается интегрированием по всему диапазону скоростей микроуравнений $\dot{x}dP=K(x,x)\dot{x}dx$, $F=K(x,x)\dot{x}$, связанных с диссипацией импульса, где f – микросила.

- *Баланс внутренней энергии.* Необходимые затраты δA_n на добычу ресурсов производятся за счет убыли внутренней энергии популяции dU и восполняются за счет импульсного макропотока энергии Q_ϕ через фазовую границу, получаемого путем потребления потока ресурсов \dot{x} со стороны среды в систему, так что в этих условиях имеет место $\delta Q_\phi = \delta A_n$.

- *Полный баланс* в соответствии с первым законом термодинамики приобретает вид:

$$dU = \delta Q_\phi - \delta A_n = 0. \quad (3.22)$$

Таким образом, для открытой системы на грани выживания закон сохранения приобретает форму консервации внутренней энергии.

Выживание между тем всегда остается гранью, которую можно преодолеть как в одну, так и в другую сторону. Устойчивое равновесие выживания возможно только в условиях, если существуют внутрисистемные силы типа встроенных регуляторов, которые способны возратить внутреннюю энергию системы в состояние баланса со средой. Если же последняя не в состоянии сбалансировать свои затраты, то она выходит за грань выживания.

Проблема в том, что, в соответствии с уравнением (3.22), то есть в рамках самой сути и соотношения потоков энергии, которые в него входят, это невозможно. Согласно (3.22) система полностью «оплачивает» своей работой каждую единицу ресурсов, поступивших со стороны среды. Для появления дополнительных сил, которые бы обеспечивали устойчивость выживания, необходимо, чтобы макропоток ресурсов δQ_ϕ имел не только диссипативную, но и продуктивную часть. Это означает, что δQ_ϕ должен не только затрачивать необходимую работу δA_n системы на свое поддержание, но и производить дополнительную работу для продуктивного использования. Именно эта – добавочная – работа может быть затрачена на создание сил, которые бы обеспечивали устойчивость выживания.

Необходима добавка к импульсному макропотoku δQ_ϕ , которая не только не требовала бы компенсации со стороны необходимой работы системы δA_n , но, наоборот, сама производила работу над системой. Это означает, что:

$$\delta Q_\phi = \delta Q - \delta Q_\delta, \quad (3.23)$$

$$\delta A = \delta A_n - \delta A_\delta, \quad (3.24)$$

$$\text{где} \quad \delta Q = \delta A_n, \quad (3.25)$$

где δA_n интегрируется из микропотоков $K(x, x)\dot{x}dx$ подводимого диссипативного тепла, а

$$\delta A = \delta Q_\phi = \delta Q - \delta Q_\delta, \quad (3.26)$$

где $\dot{x}dP = M(\dot{x})d\frac{\dot{x}^2}{2} + K(x, x)\dot{x}dx$ – микроуравнения, связанные с работой системы, которую, в соответствии с уравнением Эйлера, требуется совершить, чтобы скомпенсировать импульсный макропоток δQ_ϕ .

Из этих уравнений имеем:

$$\delta A_\delta = \delta Q_\delta = -\int_0^\infty M(\dot{x})\delta\rho(\dot{x})d\frac{\dot{x}^2}{2}, \quad (3.27)$$

где приращение $\delta\rho(\dot{x})$ распределения $\rho(\dot{x})$ находится в продуктивной части кривой $M(\dot{x})$, то есть $M(\dot{x}) < 0$.

При этом если $-\delta Q_\delta < 0$, то есть добавка к импульсному макропотoku δQ_ϕ отрицательна, система затрачивает работу δA , $\delta A < \delta A_n$ на доставку ресурсов из среды, которая меньше δA_n – работы, необходимой для компенсации диссипационных потерь. Поскольку теперь работа δA , а не δA_n , и компенсирует подводимое тепло, которое теперь δQ , а не δQ_ϕ , то первый закон термодинамики записывается таким образом:

$$dU = \delta Q - \delta A. \quad (3.28)$$

Обратим внимание, что $dU > 0$ теперь растет по той причине, что $\delta Q = \delta A_n > \delta A$; необходимая работа δA_n , которая интегрируется из диссипативных микропотоков $K(x, x)\dot{x}dx$, больше, чем $> \delta A$, поскольку $-\delta Q_\delta < 0$.

Но поскольку $\delta Q_\phi = \delta A$, то сохраняется величина $dU - \delta A_\delta$. В результате имеем:

$$dU - \delta A_\delta = 0, \quad (3.29)$$

или

$$dU + \int_0^\infty M(\dot{x})\delta\rho(\dot{x})d\frac{\dot{x}^2}{2} = 0. \quad (3.30)$$

3.3.3. Подвод и отвод тепла в начале и конце жизненного цикла ценоза

Между тем количество производимой работы и сама возможность ее производства за счет изменения обобщенного импульса системы связана с ее обобщенной массой $M(\dot{x}) = \frac{\partial P}{\partial \dot{x}}$, которая, в зависимости от знака производной $\frac{\partial P}{\partial \dot{x}}$, может быть либо классической инертной массой по типу того, что встречаем в физике, если $\frac{\partial P}{\partial \dot{x}} > 0$, либо отдачей, если $\frac{\partial P}{\partial \dot{x}} < 0$. При этом знак $\frac{\partial P}{\partial \dot{x}}$ определяется из тех соображений, что она представляет собой производную кривой предельной полезности P , где $x_1 = c$ – наивероятнейшая скорость для распределения скоростей $\rho(\dot{x})$; n – количество единиц популяции; $P = n\pi(\dot{x})$ – импульс; L – функция Лагранжа; $\pi(\dot{x}) = m\dot{x}^2 \rho(\dot{x})$ – удельный импульс.

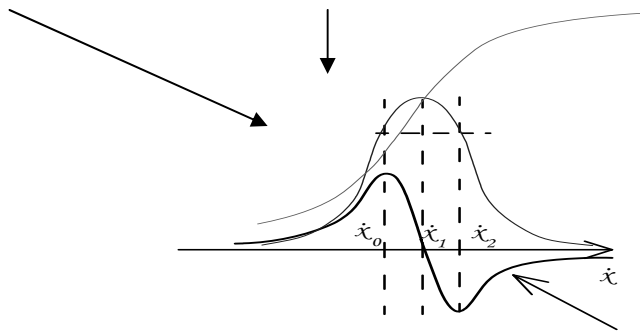


Рис. 3. Динамика, генерируемая уравнением $M(\dot{x}) = \frac{\partial P}{\partial \dot{x}} = \frac{\partial^2 L(x, \dot{x}, t)}{\partial \dot{x}^2}$

Для данной неравновесной системы с функцией внутренней энергии $U(x)$, представленной распределением Максвелла, заменяя для обобщенной массы, данной в (3.9), $\frac{\dot{x}^2}{c^2}$ на отношения температур, получаем:

$$M(T_{\dot{x}}) = \frac{2mn}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{T_{\dot{x}}}{T}} \left(1 - \frac{T_{\dot{x}}}{T}\right) e^{\frac{-T_{\dot{x}}}{T}}, \quad (3.31)$$

где T – равновесная температура, определяемая средней энергией попу-

ляционной единицы, а $\frac{kT_{\dot{x}}}{2} = \frac{m\dot{x}^2}{2}$. При этом нетрудно видеть, что характер графика для $M(T_{\dot{x}})$ по отношению к $M(\dot{x})$ на Рис. 3 не изменится с заменой x_0, x_1, x_2 на соответствующие T_0, T_1, T_2 , так что $T_1 = T$.

Рис. 3 проясняет следующий экономический (физический) смысл компонент Q_T и Q_S подводимого тепла со стороны внешней среды.

- «Холодная» экономическая система, так что $T_{\dot{x}} < T$ не производит работы. Легко видеть, что при $T_{\dot{x}} < T$ система, наоборот, затрачивает работу. Для того чтобы сделать ее производительной, нужен подвод тепла, такой, чтоб температура повысилась до $T_{\dot{x}} > T$. Подобные вещи, как известно, повсеместно происходят, когда развитая экономическая система инвестирует готовые технологии в слаборазвитые экономики, делая их продуктивными.

- В свою очередь, в соответствии с Рис. 3, развитая – «перегретая» – экономика близка к равновесию, так что отдача $\frac{\partial P}{\partial \dot{x}} < 0$ стремится к нулю.

В этих условиях сброс тепла в более «холодную» зону вблизи приближает экономическую систему к области умеренного неравновесия в районе точки минимума x_2 (Рис. 3), увеличивает продуктивность системы и тем самым продлевает ее жизнь.

- Область продуктивности экономической системы, таким образом, определяется диапазоном предельных температур $T_{\dot{x}}$, связанных с областью умеренного неравновесия вокруг точки максимума ее предельной производительности. ***Равновесные системы, как термодинамические, так и экономические, в соответствии со вторым законом термодинамики непроизводительны.*** Иллюстрацией второго закона является Рис. 3.

Таким образом, молодые – «холодные» – и старые, близкие к тепловой смерти, квазиравновесные ценозы очевидным образом дополнительные. Разность потенциалов между ними позволяет включить цикл Карно, которым характеризуются поздние этапы жизни системы⁴.

Представляется, что жизненный цикл ценозов экономических систем/популяций состоит из трех фаз.

⁴ В термодинамике цикл Карно или процесс Карно – это обратимый круговой процесс, состоящий из двух адиабатических и двух изотермических процессов. В процессе Карно термодинамическая система выполняет механическую работу и обменивается теплотой с двумя тепловыми резервуарами, имеющими постоянные, но различающиеся температуры. Резервуар с более высокой температурой называется нагревателем, а с более низкой температурой – холодильником.

- **Фаза 1.** Тепловая передача со стороны ценоза-доминанта, разогревающая молодой ценоз до необходимых температур в районе точки продуктивности.

- **Фаза 2.** Квазистационарный изотермический процесс при очень медленно поднимающейся температуре, связанный с областью продуктивности. Иными словами, диапазон продуктивности ценоза определяется его способностью поглощать и отводить энтропию, пока его состояние не станет близким к максимальной энтропии равновесия.

- **Фаза 3.** Обратная тепловая передача от старого ценоза, близкого к «тепловой смерти» – равновесию, – в сторону молодых «холодных» ценозов. Установление цикла Карно, в котором квазиравновесный старый ценоз получает работу за счет использования разности температур с молодыми ценозами.

Ценоз, который, помимо своего инициального ядра – места прохождения первой фазы и части второй – заселяет также ближнюю периферию, обретает исключительно благоприятную возможность достаточно длительного стабильного существования. Это осуществляется за счет стабилизации подвода и отвода энтропии, путем отвода отработанного энтропийного тепла в процессе расширения на периферию, с целью удержания системы в температурной области, близкой к максимальной продуктивности, с одновременным подводом малоэнтропийных форм энергии, связанных с неэластичным ресурсом.

Для популяции животных, а также простейших доцивилизационных человеческих популяций такая возможность достигалась за счет постоянного вывода избыточного населения на неосвоенные территории для колонизации. Для животных помимо такой возможности существует также способ постоянного отвода тепла путем установления симбиоза с контролером. Иными словами, формируется контрольный уровень ценоза, связанный с моделью «хищник – жертва».

Для человеческих ценозов, достигших уровня цивилизации на основе относительно развитой экономики, поддержание состояния продуктивности посредством расширения на ближнюю периферию, с подводом энергии и отводом энтропии, осуществляется за счет построения специальных институциональных структур оборота капитала, называемых социальными структурами накопления.

4. Жизненный цикл исторических экономик

Представление жизненного цикла исторических экономик и отдельных его фаз в термодинамических и физических понятиях является важнейшей целью, ради которой и создавался концептуальный и модельный инструментарий данной статьи, связанный со вторым законом термодинамики и работой тепловых машин. В этом смысле неслучайным и тем не менее

исключительно интересным фактом оказалось то, что конкретные периоды экономического жизненного цикла и их термодинамическое содержание в значительной степени гомологичны известным на сегодняшний день фазам эволюции звезд. Мы объясняем это существенно общей термодинамической компонентой обоих процессов, энергетическим источником которых в данном случае является система цепных реакций – экономического роста для исторических экономик и термоядерного синтеза для звезд. В этом смысле наше понимание гомологичности обоих процессов связано с тем, что и в том и в другом случаях мы наблюдаем фазы эволюции цепной реакции. Это:

- внутренний разогрев;
- вспышка цепной реакции первичного – «легкого» энергоносителя;
- конкуренция нескольких очагов и формирование одного стабильного очага;
- основной период стабильного горения;
- выгорание первичного энергоносителя;
- сжатие и внутренний коллапс;
- вспышка вторичного «тяжелого» энергоносителя;
- внешняя экспансия оболочки;
- стабилизация горения, связанная с новым типом теплоотдачи;
- коллапс и геометрическое шкалирование к малым размерам.

Далее мы будем вести параллельное изложение обоих процессов, перемежая исторические примеры физическими.

4.1. Внутренний разогрев

Механизм внутреннего разогрева для исторических ценозов мы называем *уникальной адаптацией*. Суть его состоит в том, что страна, связанная с периферией влияния доминанта, в ответ на его давление развивает систему институтов, технологий и находит свой специфический энергоноситель, который позволяет ей выжить в ее уникальной среде – особой гео-климатической зоне. Механизм уникальной адаптации не только позволяет брать энергию из среды, которую никто до того не мог использовать, но и брать ее в нужных количествах, получив способность регулировать потоки. Последнее исключительно важно, поскольку «зажигание» цепной реакции – тонкий процесс, очень чувствительный к условиям, прежде всего температурным. Внутреннее регулирование является, по существу, критическим условием для «зажигания» цепной реакции. В этом смысле типичен пример Британии, которая сформировала институты частной собственности и усовершенствовала технологию угля, поскольку ее зона экономически была намного беднее Франции, не имея в изобилии французского источника энергии – рек и леса. Частная собственность обеспечивала намного более эффективную локальную мобилизацию ресурсов, позво-

лив «огораживания» общественной земли для пастбищ и производства шерсти, начального сырья прединдустриального периода в Британии. Уголь в соединении с машинами мог зажечь цепную реакцию индустриальной революции.

Уникальной адаптацией, обеспечивающей внутренний разогрев, для специфических условий звезд и термоядерных реакций служит механизм гравитационного сжатия. Последний обеспечивает тонкий баланс между гравитационным давлением и контрдавлением энергии цепной реакции, обеспечивая начальную вспышку водорода, разжигание очагов и последующую стабилизацию горения. Противоположностью внутреннего разогрева является такой разогрев, который определяется внешними механизмами и слабо регулируется условиями изнутри.

4.2. Внешний шоковый разогрев

Как показывает исторический опыт, внутренний разогрев сам по себе не приводит к вспышке цепной реакции. Необходимы сильнейшая стимуляция шокового типа и значительный приток энергии извне, которые разрушат внутреннее равновесие и приведут к *мощному циклу расширения – сжатия*, конечным результатом которого станет «вспышка» цепной реакции. Другой функцией внешнего разогрева является разрушение автаркичности (изолированности) системы, которая неизбежно складывается в условиях длительного доминирования внутренних механизмов разогрева. В результате послешоковой реструктуризации эти механизмы адаптируют функцию активного восприятия энергии извне при выработке механизма внутреннего контроля и регулирования условий. Историческим, экономическим и биолого-эволюционным аналогом шокового разогрева и стимуляции является *фаза экзантиции*⁵. Последняя происходит, когда по мере формирования внешней ориентации и способности черпать энергию из внешней среды механизмы уникальной адаптации делают организм (ценоз, систему) способным к выходу в «большой мир», где он обретает вторую жизнь. В этот момент выясняется, что, несмотря на формирование в локальных и крайне специфических условиях и отсутствие связи с более широкой зоной, эти механизмы вполне пригодны для выхода в «большой мир» и его освоения. Пример Британии и угля в этом смысле очень характерен. Сформировавшись как паллиативное и трудное для использования⁶

⁵ Биологический термин, означающий обретение новой функциональности для имеющихся приспособлений при переходе в другую среду. Примером могут служить крылья пингвинов, получивших функциональность плавников при переходе из воздуха в воду (Gould, Vrba 1982: 4–15).

⁶ Уголь имел острый запах серы, который и привел к идее выработки процесса коксования. Интересным и малоизвестным фактом является то, что коксование изобрели пивовара-

топливо в условиях острого дефицита лесных ресурсов, уголь оказался идеальным энергоносителем для индустриальной революции. Можно предположить, что для современной России таким топливом является природный газ, который в ближайшие 50 лет может стать ступенькой для перехода к водородной экономике и использованию возобновляемых источников энергии на основе метана.

В звездной эволюции шоковый разогрев, который в конечном итоге приводит к внутреннему сжатию, то есть образованию протозвезды, часто связывают с такими экстраординарными событиями, как вспышка сверхновой звезды, столкновения галактик, пылевых облаков и пр.

4.3. Цикл расширение-сжатие и вспышка «легкого» энергоносителя

Внешний шоковый разогрев, задача которого – вызвать «вспышку» цепной реакции стимуляцией сильного цикла расширения-сжатия, воспринимается современниками как бедствие. Таковым являлось для Британии поражение в Американской войне за независимость, в результате которого страна испытала финансовый шок и потеряла главную заморскую колонию. Восстановление узнаваемых механизмов уникальной адаптации, хотя и в очень трансформированном, измененном новом состоянии, воспринимается как долгожданная нормализация, а дальнейший рост – как начало новой жизни. В течение десятилетия после поражения в Американской войне Британии удалось не только оправиться от финансового шока и компенсировать потери, но и полностью перестроиться на внедрение новой технологии индустриальной революции, связанной с фабричным производством массового текстиля, экспортом его в Европу и далеко за ее пределы, включая Северную и Южную Америки. Индустриальный подъем начала 1790-х гг., связанный с паровой фабрикой, происходил на фоне грозного ухудшения международной обстановки, связанного с Французской революцией, и закончился колоссальным сжатием эпохи Наполеоновских войн. В их процессе отрабатываются новые механизмы обработки чугуна (каронада⁷) и появляются огромные государственные заказы на обмундирование⁸. В результате Британия становится мастер-

ры, а Абрахам Дарби, который первым использовал кокс для плавки чугуна, начинал учеником пивовара.

⁷ Это инновационная чугунная пушка, взятая на вооружение британским флотом, намного короче и легче бронзовых. Ее дешевизна и легкость позволили значительно увеличить огневую мощь корабля. Техника ближнего боя, отработанная Нельсоном, более чем компенсировала худшую точность и падение прицельности (Badalian, Krivorotov 2006).

⁸ Они шли даже от Франции, с которой Британия формально находилась в состоянии войны. В процессе подготовки армии Наполеона к войне против России выяснилось, что кроме англичан никто не может выполнить заказ на полтора миллиона ботинок (*Ibid.*).

ской Европы. Цепная реакция экономического роста, связанного с новым энергоносителем – углем, – вспыхивает в точечном очаге Манчестер – Ливерпуль. Примеры такого рода многочисленны. Первичный «легкий» энергоноситель связан с простейшими и крайне дешевыми технологиями его добычи. Для угля это неглубокие шахты и почти поверхностная добыча, не требующая особых инвестиций. Аналогично первой стала разрабатываться легкодоступная нефть поверхностного залегания и высокого качества и т. п. После неизбежного истощения таких месторождений приходит черед «тяжелого» энергоносителя – глубокие шахты, угольные станции, заокеанская транспортировка угля. Или, как сегодня, добыча более сложных для извлечения и переработки кислой, сульфурной нефти глубокого залегания, разработка нефтяных песков Альберты и сланцев Скалистых гор, океанские платформы и подводные станции добычи, заокеанская транспортировка из «горячих точек».

Этот этап прослеживается и в звездной эволюции, где он также связывается с последствиями шокового удара и массивного притока энергии. Цикл сжатия-расширения в результате шокового удара приводит к разлетанию исходного молекулярного облака с последующим сжатием каких-либо его частей в протозвезды. Массивные протозвезды, получая достаточный шоковый удар, начинают коллапс вовнутрь до начала сопротивления, связанного со «вспышкой» водородной реакции.

4.4. Конкуренция очагов и формирование стабильного очага горения

«Вспышка» цепной реакции первичного энергоносителя связана с достижением критической температуры. Между тем дело отнюдь не только в температуре. В конкретных исторических ситуациях, как правило, формируется несколько конкурирующих очагов. Возникают огромные энергопотери, связанные с быстрым выгоранием, конкуренцией отдельных очагов горения, их слишком быстрым охлаждением в связи с большой площадью поверхности, взаиморазрушительностью контакта между рассеянными очагами цепной реакции и т. п. Основным условием стабилизации реакции является консолидация очагов в один с минимальной площадью поверхности контакта с внешней средой. В истории этому соответствует исключительно тяжелое время экономической фрагментации типа той, что была между войнами в XX в. на фоне конкуренции очагов, связанных со странами – претендентами на мировое доминирование: Германией, СССР, США. Период заканчивается формированием одного очага, который и берет на себя роль доминанта.

В смысле уравнения (3.31), «зажигание» цепной реакции связано с достижением температуры выше равновесной, что обеспечивается

за счет гравитационного сжатия. В звездной эволюции этот период «зажигания» водородной реакции заканчивается формированием единого очага горения в центре звезды, поскольку минимизация поверхности по отношению к объему является условием уменьшения потерь теплоотдачи. В звездной классификации этому периоду соответствуют молодые красные гиганты, которые компенсируют потери теплоотдачи внутренним сжатием.

4.5. Основной период стабильного горения

Формирование единого очага горения цепной реакции для исторических экономик сопровождается драматическими событиями типа мировых войн, к которым приводит соперничество претендентов. Очевидным примером является Вторая мировая война XX в. Менее известны ее аналоги из других эпох, например ценоз мореплавания, где эту роль играли война за испанское наследство (1701–1714) и примыкающая к ней Девятилетняя война (1688–1697). Это был 27-летний период тяжелой борьбы в континентальной Европе, в которой коалиция во главе с Британией и Нидерландами пыталась остановить агрессивное продвижение Франции (Людовик XIV) в позицию доминанта. Между тем победа доминанта и его утверждение приводят к тиражированию разработанной им модели экономики на территорию всей геоклиматической зоны или ближнюю периферию начальной зоны. После Второй мировой это период *Pax Americana*, когда американские технологии и влияние быстро распространились на Западную Европу благодаря Плану Маршалла и доминантной роли доллара, зафиксированной в Бреттон-Вудском соглашении 1944 г. Для ценоза мореплавания – это французский XVIII в. Просвещения и энциклопедистов. После войны за испанское наследство произошло в конечном итоге значительное усиление Франции, несмотря на отсутствие прямой военной победы. В экономическом смысле период с начала XVIII в. связан с распространением экономики каналов, королевских мануфактур и разветвленной системы водных коммуникаций, позволившей ввести развитое делопроизводство со взиманием налогов по всей стране, что помогало оплачивать претензии Людовиков на господство в Европе. Этот комплекс технологий позволял присвоить энергию воды – главного энергоносителя ценоза.

Для звездной эволюции аналогичный период стабильного горения занимает до 90 % всей ее жизни и связан с выгоранием водорода. Вопрос выгорания «легкого» энергоносителя является критическим событием как для звезды во Вселенной, так и для человеческого ценоза. Это порог, означающий, что большая часть продуктивного периода жизни, связанная с основным энергоносителем зоны, уже позади. В этих условиях как звезды, так и доминантные экономики попадают под колоссальное сжатие, поскольку цепная реакция уже неспособна создавать давление изнутри для поддержания внутрен-

него объема. Результатом гравитационного коллапса является скачок температуры, зажигающий гелиевую вспышку. Так загорается «тяжелый» энергоноситель.

Нами показано, что для исторических экономик падение температуры при ограничении на поддержание необходимых затрат приводит к резкому сжатию внутренних ресурсов. В результате после сильной депрессии рост возобновляется на базе «тяжелого» энергоносителя – при более высокой температуре, приводя к массивному расширению. Начинается период **OUT**.

4.6. Внешняя экспансия оболочки

В этот период как звезда, так и доминантная экономика находятся в процессе колоссального расширения. Это связано с проблемами теплоотдачи, порождаемыми значительным повышением температуры горения в цепной реакции «тяжелого» энергоносителя. Звезда входит в фазу старого красного гиганта, расширяясь порядка сотни раз, захватывая ближайшие планеты своей системы, если таковые, конечно, имеются. Для доминирующих экономик возникает серия сателлитов, работающих на рынок доминанта с целью покрытия его нужд на дешевые ресурсы, товары и труд. Основная проблема доминирующей экономики в этой фазе такая же, как у звезды, – сбросить избыточное тепло. Иначе при температуре значительно выше равновесной доминантная экономика будет испытывать эффект падения продуктивности (см. формулу 3.32), рассмотренный в п. 3.3.3 под названием «тепловой смерти». Суть ее состоит в том, что дефицит существующего энергоносителя приводит к удорожанию добычи и связанному с этим падению предельной полезности. В то же время еще не возник работающий новый энергоноситель со скачкообразным ростом энергоемкости, который позволил бы сдвинуть равновесие за счет пережигания всего того, что не могло пойти в дело ранее по причине больших диссипационных потерь. На этом этапе проблемы экономики доминанта решаются за счет переброса излишнего тепла сателлитам (аутсорсинг) с закупкой их дешевого продукта. В термодинамических терминах формируется цикл типа Карно (см. п. 3.3.3.), где рабочим телом и переносчиком тепла служит универсальная валюта. Аналогичные проблемы звезды решаются за счет формирования изотермического гелиевого ядра, обеспечивающего стабильность горения (по принципу п. 4.3), проблема теплоотдачи регулируется, в частности, за счет включения так называемого нейтринного охлаждения. Доминантная экономика стабилизируется за счет глобализации своей инфраструктуры добычи «тяжелого» энергоносителя с помощью универсальной валюты и военного присутствия, обеспечивая баланс потребления продукта и валютной теплоотдачи.

4.7. Стабилизация горения, его медленное угасание, коллапс и геометрическое шкалирование к малым размерам

В этой фазе, которая как для звезды, так и для доминантной экономики является финальной, стабильное изотермическое горение цепной реакции «тяжелого» энергоносителя постепенно затухает из-за нарастания диссипационных потерь⁹. Для исторических экономик в этой фазе нарастает давление потерь, которые все более уменьшают полезность использования ресурсов при видимом увеличении их количества. В связи с этим усиливается перенапряжение узлов инфраструктуры, нарастают противоречия и конфликты между отдельными экономиками второго эшелона и доминантом, взимающим растущую сеньориальную ренту за свои услуги. Возникают условия для глобального сжатия доминантной экономики, синхронизованные с локальными сжатиями вновь формирующихся экономик дальней периферии. Последние, таким образом, после шокового разогрева (см. п. 4.2–3) становятся готовы к началу нового цикла, связанного с зажиганием нового энергоносителя в пределах новой геоклиматической зоны развития. В условиях нарастания противоречий и конфликтов наступающее глобальное сжатие приобретает характер Первой мировой войны, кровавой зари нового времени в контексте наступающей эпохи. После этой войны по ее результатам и во многом вне зависимости от победы или поражения старая доминантная экономика шкалируется вниз, уменьшаясь во много раз, до размера зоны, по природным условиям благоприятной для ее экономики. Она может исчезнуть из поля внимания возникающего нового ценноза или вновь войти в него, но уже на вторичных ролях. Так, Рим стал использовать Египет, наследие первоцивилизаций, как свою житницу.

Библиография

- Бадалян Л. Г., Криворотов В. Ф. 2005. *Волны Кондратьева и техноценнозы*. М.: Фонд им. Кондратьева – Сорокина.
- Бадалян Л. Г., Криворотов В. Ф. 2006. Модель эволюционной самокоррекции экономики. *Василий Леонтьев: документы, воспоминания, статьи* / Сост. В. В. Окрепилов, с. 222–240. СПб.: Гуманистика.
- Бадалян Л. Г., Криворотов В. Ф. 2007а. Россия и Китай – перспективы взаимодействия в новых энергетических условиях. *Проблемы Дальнего Востока* 2: 57–73.
- Бадалян Л. Г., Криворотов В. Ф. 2007б. Эволюционная история: освоение последовательности геоклиматических зон. Прогноз на будущее. *Экономические стратегии* 1: 34–40.

⁹ Для звездной эволюции возможный предел диссипации аргументируется тем, что реакция идет до железа-56, которое обладает максимальным дефектом массы, после чего образование более тяжелых ядер становится невыгодным.

- Бадалян Л. Г., Криворотов В. Ф. 2007в.** Конец эпохи нефти и интересы России. Ближайшие 10–15 лет. *Экономические стратегии* 8: 18–25.
- Бадалян Л. Г., Криворотов В. Ф. 2008.** Ближайшие 10–15 лет. Евразия. *Проблемы Дальнего Востока* 2: 54–72.
- Березкин Ю. Е. 2007.** О структуре истории: временные и пространственные составляющие. *История и Математика: Концептуальное пространство и направления поиска* / Ред. П. В. Турчин, Л. Е. Гринин, С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 88–98. М.: УРСС.
- Бородкин Л. И. 2007а.** Моделирование социальной динамики крестьянства в годы нэпа: альтернативный ретропрогноз. *История и Математика: Концептуальное пространство и направления поиска* / Ред. П. В. Турчин, Л. Е. Гринин, С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 88–98. М.: УРСС.
- Бородкин Л. И. 2007б.** Синергетика и история: моделирование исторических процессов. *История и Математика: Анализ и моделирование исторических процессов* / Ред. А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, с. 8–48. М.: УРСС.
- Гарскова И. М. 2007.** Историческая информатика и количественная история: преемственность и взаимодействие. *История и Математика: Анализ и моделирование исторических процессов* / Ред. А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, с. 8–48. М.: УРСС.
- Гринин Л. Е. 2003.** *Производительные силы и исторический процесс.* 2-е изд. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е. 2006.** Периодизация истории. Теоретико-математический анализ. *История и Математика: Проблемы периодизации исторических макропроцессов* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 53–79. М.: УРСС.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2007.** Политическое развитие Мир-Системы. Формальный и количественный анализ. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 49–101. М.: УРСС.
- Князева Е. Н., Курдюмов С. П. 2005.** *Основания синергетики.* М.: УРСС.
- Кондратьев Н. Д. 1989.** *Проблемы экономической динамики.* М.: Экономика.
- Коротаев А. В. 2006.** *Долгосрочная политико-демографическая динамика Египта. Циклы и тенденции.* М.: Вост. лит-ра.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2005а.** *Законы истории: Математическое моделирование исторических макропроцессов (Демография. Экономика. Войны).* М.: УРСС.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2005б.** Компактная математическая макромоделю технико-экономического и демографического развития Мир-Системы (1–1973 гг.). *История и синергетика: Математическое моделирование социальной динамики* / Ред. С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 6–48. М.: УРСС.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2007а.** *Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-Системы (Демография. Экономика. Культура).* М.: УРСС.

- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2007б.** *Законы истории: Вековые циклы и тысячелетние тренды (Демография. Экономика. Войны)*. М.: УРСС.
- Коротаев А. В. 2007а.** Периодизация истории Мир-Системы и математические макромоделли социально-исторических процессов. *История и Математика: Проблемы периодизации исторических макропроцессов* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 116–163. М.: УРСС.
- Коротаев А. В. 2007б.** Макродинамика урбанизации Мир-Системы: Количественный анализ. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 21–39. М.: УРСС.
- Коротаев А. В., Гринин Л. Е. 2007.** Урбанизация и политическое развитие Мир-Системы: Сравнительный количественный анализ. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 102–141. М.: УРСС.
- Крадин Н. Н. 2007.** Предварительные результаты изучения урбанизационной динамики на территории Монголии в древности и Средневековье. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 40–48. М.: УРСС.
- Малков С. Ю. 2006.** Фазы исторического процесса и социальная самоорганизация. *История и Математика: Проблемы периодизации исторических макропроцессов* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 80–115. М.: УРСС.
- Малков С. Ю. 2007а.** Логика эволюции политической организации государств. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 142–152. М.: УРСС.
- Малков С. Ю. 2007б.** Экономические факторы формирования устойчивых социальных структур. *История и Математика: Концептуальное пространство и направления поиска* / Ред. П. В. Турчин, Л. Е. Гринин, С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 123–133. М.: УРСС.
- Малков А. С., Малинецкий Г. Г., Чернавский Д. С. 2007.** Система пространственных динамических моделей аграрных обществ. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 168–181. М.: УРСС.
- Малинецкий Г. Г. 2005.** *Математические основы синергетики. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент*. М.: УРСС.
- Малинецкий Г. Г. 2007.** Теоретическая история и математика. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 6–48. М.: УРСС.
- Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. 2006.** *Нелинейная динамика и хаос. Основные понятия*. М.: УРСС.
- Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б., Подлазов Ф. В. 2006.** *Нелинейная динамика. Подходы, результаты, надежды*. М.: УРСС.

- Мионов Б. Н. 1999.** *Социальная история России периода империи (XIX – начало XX в.). Генезис личности, демократической семьи, гражданского общества и правового государства*: в 2 т. Т. 1. СПб.: Дмитрий Буланин.
- Нефедов С. А. 2002.** О теории демографических циклов. *Экономическая история* 8: 116–121.
- Нефедов С. А. 2005.** *Демографически-структурный анализ социально-экономической истории России*. Екатеринбург: УГТУ.
- Нефедов С. А. 2007а.** *Концепция демографических циклов*. Екатеринбург: УГТУ.
- Нефедов С. А. 2007б.** Перспективы факторного анализа исторического процесса. *История и Математика: Концептуальное пространство и направления поиска* / Ред. П. В. Турчин, Л. Е. Гринин, С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 63–87. М.: УРСС.
- Нефедов С. А., Турчин П. В. 2007.** Опыт моделирования демографически-структурных циклов. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 153–167. М.: УРСС.
- Турчин П. В. 2007а.** *Перспективы математической истории. Существует ли качественное различие между исторической и естественными науками? История и Математика: Концептуальное пространство и направления поиска* / Ред. П. В. Турчин, Л. Е. Гринин, С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 8–18. М.: УРСС.
- Турчин П. В. 2007б.** *Историческая динамика. На пути к теоретической истории*. М.: УРСС.
- Andersen E. 1994.** *Evolutionary Economics. Post-Schumpeterian Contributions*. London, New York: Pinter Publishers.
- Badalian L., Krivorotov V. 2006.** *Applying Natural Sciences to Studying History: Regarding the Example of England and the Industrial Revolution*. Part I, II, III. *Santalka. Filosofija* 14(1, 2, 3).
- Badalian L., Krivorotov V. 2007.** Russia and China: Prospects of Interaction in New Fuel-and-Energy Conditions. *Far Eastern Affair* 2: 52–72.
- Diamond J. 2005.** *Collapse. How Societies Choose to Fall or Succeed*. New York: Viking Penguin.
- Downing B. 1992.** *The Military Revolution and Political Change*. Princeton, NY: Princeton University Press.
- Gould S. J., Vrba E. 1982.** Exaptation: A Missing Term in the Science of Form. *Paleobiology* 8: 4–15.
- Goldstone J. A. 1991.** *Revolution and Rebellion in the Early Modern World*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Graebner F. 1911.** *Methode der Ethnologie*. Heidelberg: Winter.
- Keys D. 1999.** *Catastrophe. An Investigation into the Origins of the Modern World*. New York: Ballantine Books.

- Nefedov S. A. 2004.** A Model of Demographic Cycles in Traditional Societies: The Case of Ancient China. *Social Evolution & History* 3(1): 69–80.
- Perez C. 2002.** *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Turchin P. 2003.** *Historic Dynamics. Why States Rise and Fall?* Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Turchin P., Nefedov S. A. 2009.** *Secular Cycles*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- White L. Jr. 1962.** *Medieval Technology and Social Change*. Oxford: Oxford University Press.