

10

О синтезе двух математических методов описания исторического развития

А. А. Фомин

Для математического описания глобальных эволюционных процессов обосновывается возможность использования типичной для финансовых рынков логостепенной закономерности (формула 1). Это открывает новые теоретические и прикладные возможности для понимания и осмысления причин глобальной эволюции, в частности прогнозирования.

Ключевые слова: историческая динамика, гиперболический рост, тренды, циклы, логостепенная параметризация, логопериодические колебания.

Введение

Традиционно для описания эволюции разных глобальных социально-экономических процессов используются гиперболы (см., например: Foerster *et al.* 1960; Капица 1992; Коротчаев, Малков, Халтурина 2007; 2008; Grinin *et al.* 2013; Kоротчаев, Malkov 2016). Например, при описании динамики мирового народонаселения – это обычная гипербола ($\sim 1/(t_{\text{синг}} - t)$) (Капица 1996), при описании мировой грамотности и численности крупнейших поселений мира – это квадратичная гипербола ($(\sim 1/(t_{\text{синг}} - t))^2$) (Коротчаев 2006). В той же работе обычная гипербола используется для описания эволюции подушевого ВВП. Все эти гиперболы работают лишь до момента несколько десятилетий назад, когда начинается сильное отклонение от них.

С другой стороны, для описания разных показателей финансовых рынков (например, стоимости акций, инфляции, различных индексов, в том числе индекса Доу-Джонса) используется так называемая логостепенная параметризация (Сорнетте 2008), которая отражена в формуле (1):

$$C_2 + C_3 (t_{\text{синг}} - t)^{C_5} + C_4 (t_{\text{синг}} - t)^{C_5} \cos\{\omega \log(t_{\text{синг}} - t) + \varphi\}, \quad (1)$$

где C , φ , $t_{\text{синг}}$ – константы. Первые два члена представляют собой степенную зависимость, третий описывает так называемые логопериодические

колебания¹ – колебания с сокращающимися от цикла к циклу периодами в одно и то же количество раз. Причем их амплитуда меняется со временем по точно такому же закону, что и второй член. Константа $t_{\text{синг.}}$ представляет собой момент, когда частота колебаний формально обращается в бесконечность.

Гиперболическая зависимость является частным случаем логостепенной зависимости (1). Но формула (1) обычно используется для описания относительно коротких промежутков времени (годы, десятки лет), тогда как рассмотренные в самом начале случаи гиперболических зависимостей охватывают тысячелетия.

Еще одно отличие, условно говоря, гиперболического подхода от формулы (1) состоит в том, что до сих пор выражение (1) всегда использовалось в тех случаях, когда показатель степени C_5 был больше нуля. Гиперболическая же зависимость означает, что показатель степени отрицателен.

Положительность C_5 связана с тем, что до сих пор, прежде чем параметризовать те или иные показатели финансовых рынков (стоимость акций, инфляция) с помощью формулы (1), от них брался логарифм. Если логарифм не брать, то, вообще говоря, C_5 может получаться и отрицательным. Но одна из причин предварительного взятия логарифма, вероятно, связана с тем, что с ним точность вычисления точки сингулярности оказывается выше, что удобнее для прогнозирования обвалов финансовых рынков.

Мы попробовали использовать вариант логостепенной параметризации разных показателей финансовых рынков без предварительного взятия логарифма и обнаружили, что если рассматривать очень длительные промежутки времени, то индекс Доу-Джонса и инфляцию можно описывать формулой (1) с отрицательным показателем, который по модулю оказывается близким к целым числам. Причем точки сингулярности получаются примерно одинаковыми. Иначе говоря, и финансовые рынки подчиняются гиперболическому закону роста.

Разные «традиционно-гиперболические» параметры (например, народонаселение планеты) косвенно роднит то, что на больших промежутках времени, на которых они рассматриваются, тоже наблюдаются логоциклы (см., например: Панов 2007). Но эти логоциклы до сих пор наблюдались лишь качественно – на основе эволюционной периодизации.

Это навело нас на мысль, что и «традиционно-гиперболические» величины тоже содержат логоколебания, подчиняющиеся тому же соотношению (1), что и финансовые рынки.

¹ Часть слова «лого» означает, что в логарифмическом масштабе времени, когда время отсчитывается от точки сингулярности $t_{\text{синг.}}$, логопериодические колебания являются постоянно-периодическими.

И это действительно так. Причем учет соответствующих логоколебаний позволяет описывать и период последних нескольких десятков лет (для которого, как ранее считалось, гиперболический рост нарушался), например, описать то, что называется демографическим переходом.

В этой статье приведем ряд конкретных примеров, иллюстрирующих сказанное, покажем, что ряд «гиперболических» показателей имеет свойства, вполне аналогичные тем, что наблюдаются для показателей финансовых рынков, что представляет теоретический интерес с точки зрения поиска объяснения соответствующих закономерностей, а также имеет потенциальный практический интерес с точки зрения глобальных долгосрочных прогнозов на основе соответствующей логоцикличности.

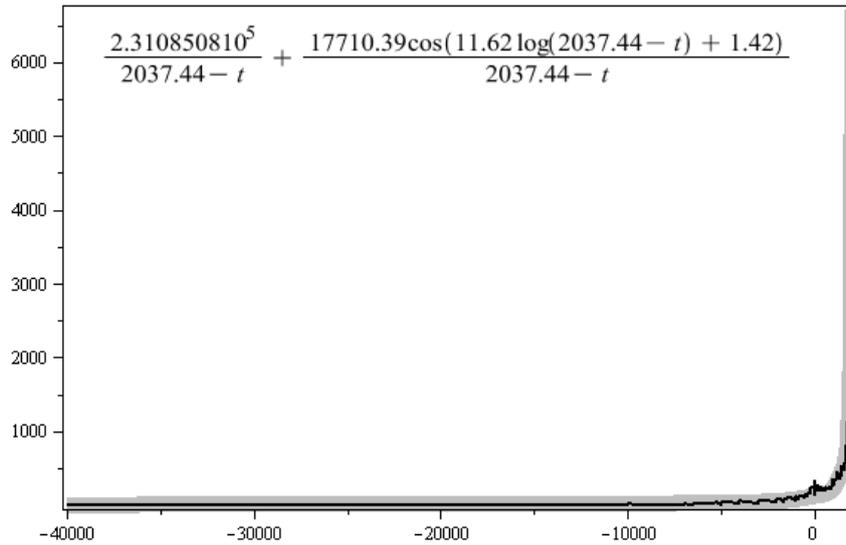


Рис. 1. Гиперболический рост народонаселения Земли с наложенными логоколебаниями². По оси ординат – миллионы человек. По оси абсцисс – время в годах от начала эры. Формула представляет собой логостепенную параметризацию, которая в рассматриваемом масштабе практически совпадает с данными по народонаселению (жирная линия). Показанный интервал: от 40 тыс. лет до н. э. до 2005,5 г.

² Выражаем глубокую благодарность С. В. Цирелю, приславшему соответствующие данные. Ссылки на их источники находятся в статье (Цирель 2008).

1. Народонаселение планеты, войны

Начнем с описания динамики народонаселения планеты. Его логостепенная параметризация показана на Рис. 1. В таком масштабе логоколебания почти не видны. Поэтому на Рис. 2 отдельно приводим логоколебательную составляющую. Она позволяет описать то, что называется демографическим переходом – резкое отклонение от гиперболического роста, начавшееся в районе 1970 г., если для описания народонаселения пользоваться только гиперболой. В рамках же использования логостепенной параметризации (1) такое отклонение оказывается всего лишь одним из логоколебательных эпизодов. На Рис. 1 показатель степени не оптимизировался по той причине, что если провести и его оптимизацию, то для него получается удивительно близкое к «-1» значение, равное «-0,976» (а точка сингулярности тоже получается очень близкой к точке сингулярности Рис. 1 и равной 2035,6 г.).

На Рис. 2 также полагается равным нулю параметр C_2 . Как оказалось, если оптимизировать и по нему, то он оказывается пренебрежимо мал, а остальные параметры существенно не меняются. Аналогичная картина наблюдается и для ряда других логостепенных параметризаций с примерно гиперболическим ростом, что относится и к ряду параметризаций, которые рассмотрены в этой статье ниже. Судя по всему, для гиперболического роста характерно с теоретической точки зрения нулевое значение для C_2 , что в основном будет учтено ниже в этой статье.

Циклы Рис. 2 исторически как раз соответствуют тому, что в чем-то грубо, условно говоря, известно как (слева направо) верхний палеолит, неолит, древний период, Средневековье и раннее Новое время, «дикий капитализм», современный/«цивилизованный» капитализм или постиндустриальное общество. Причем каждому из этих циклов соответствует своя технологическая революция, развивающаяся в первых их половинах: верхнепалеолитическая, неолитическая, металлическая (городская), примитивно-механическая (использование энергии воды и ветра в разных механических устройствах), промышленная, постиндустриальная.

На Рис. 2 видно систематическое отклонение точек от плавной линии, особенно в левой части рисунка. Это связано с наличием в данных другого, более крупного типа логоколебаний, который и приводит к систематическому смещению.

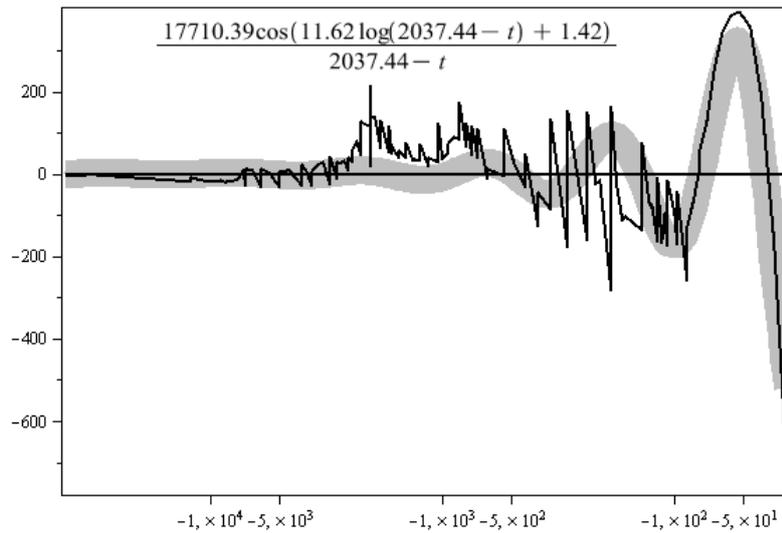


Рис. 2. Колебательная составляющая народонаселения планеты как функция времени в логарифмическом масштабе. Ломаная – разность между народонаселением планеты и гиперболической составляющей его параметризации, представленной первым членом формулы предыдущего рисунка, плавная линия – вторым членом. По оси абсцисс отложено время, отсчитываемое от точки сингулярности (1937,44 г.). Охватываемый промежуток – от 40 тыс. лет до н. э. до 2005 г.

Для финансовых рынков характерно, что один и тот же набор данных может параметризоваться разным набором логостепенных параметризаций, но с примерно одной и той же точкой сингулярности (Сорнетте 2008). Не является исключением и динамика народонаселения планеты, что иллюстрирует Рис. 3. Как видно из Рис. 3, в той области, где на Рис. 2 было систематическое завышение точек (левая часть рисунка), его теперь нет. Но появилось систематическое завышение справа, которого не было на Рис. 2. Иначе говоря, на Рис. 2, 3 представлены два типа логоскользящих, которые взаимно дополняют друг друга, улучшая параметризацию. При параметризации их можно было бы использовать одновременно, и тогда упомянутые недостатки каждой из них исчезли бы. Совершенно аналогичная картина имеет место и для разных показателей финансовых рынков.

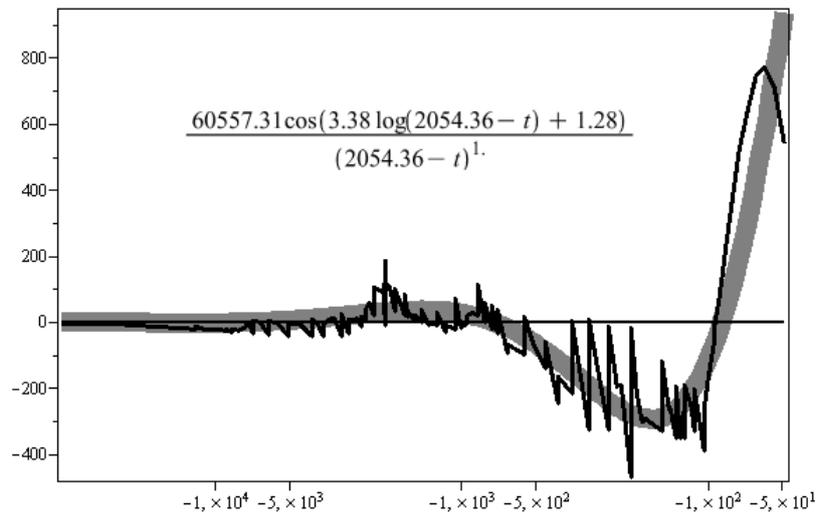


Рис. 3. Колебательная составляющая логостепенной параметризации с «крупными» логоколебаниями. По оси абсцисс – годы, отсчитываемые от вычисленной точки сингулярности (2054,36 г.). Соответствует времени от 40 тыс. лет до н. э. до 2005,5 г. Чтобы получить логопараметризацию народонаселения, соответствующую колебательной составляющей этого рисунка, нужно прибавить к ней гиперболу $289590,64/(2054.36 - t)$

Другой широко распространенной чертой разных показателей финансовых рынков является то, что каждому периоду логостепенной параметризации соответствует своя, другая логостепенная параметризация (или то же самое – пузырь) с точкой сингулярности, примерно в конце периода³. Примерно такую же картину можно наблюдать и для периодов логоколебаний, показанных на Рис. 2.

Рассмотрим это подробнее. При этом у дат в подписях к рисунку в скобках будут указаны проценты по отношению длительности соответствующих логоциклов в логарифмическом масштабе времени (то есть в таком, как на Рис. 2), которые будут показывать, на каком участке логоцикла находится дата от его начала. В результате сказанное выше будет наглядно видно (точки сингулярностей соответствующих пузырей находятся в конце логоциклов Рис. 2).

³ Это имеет место для случаев, когда упомянутые циклы завершаются обвалом – скачкообразным снижением показателя, что выражается в кризисах того или иного масштаба. Множество частных случаев этого наблюдалось в кризис 2008 г., когда происходило массовое банкротство организаций с соответствующим обвалом стоимости их акций.

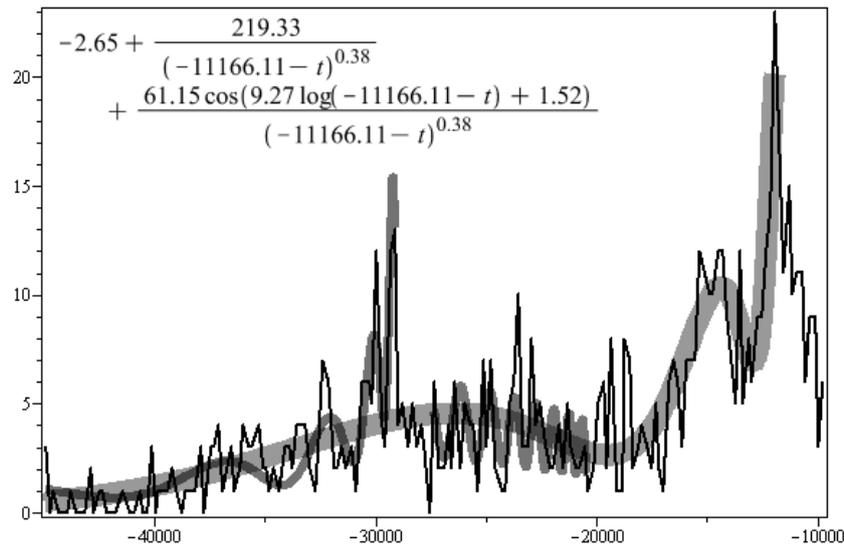


Рис. 4. (Под)пузырь в относительной динамике народонаселения Сибири и Дальнего Востока России верхнепалеолитического логоцикла. Ломаная линия – количество всех известных датированных находок, связанных с деятельностью человека из упомянутого региона, за двухсотлетний интервал⁴ по состоянию на 2010 г. Длинная плавная линия – их логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. По оси абсцисс – время в годах от начала эры. Показанный интервал: –44915,8 (5,5 %) – 9800 (116,2 %) гг. Интервал параметризации длинной плавной линии: –44915,8 (5,5 %) – –11935,3 (102,9 %) гг. Короткими, тонкими, плавными линиями показаны другие (под)пузыри, соответствующие 1-й и 2-й фазам логоцикла. (Под)пузырь, соответствующий 3-й фазе, примерно совпадает с соответствующим участком (примерно после –20 000 лет) подпузыря всего логоцикла. Источник датировок: Кузьмин и др. 2011⁵

⁴ Весь интервал времени разбит на участки в 200 лет, для которых велся подсчет количества находок. В качестве соответствующих им усредненных датировок взята их средняя датировка.

⁵ В этой статье приводятся некалиброванные радиоуглеродные датировки, переведены нами в календарные даты с помощью программы IntCal13.

Начнем с верхнепалеолитического цикла. Поскольку достаточно полных прямых данных по народонаселению, чтобы увидеть это, для него не существует (на этот цикл приходится всего четыре точки Рис. 1, 2), воспользуемся косвенными данными и лишь для одной обширной области – Сибири и Дальнего Востока России. Это иллюстрирует Рис. 4. На нем показан пузырь, соответствующий всему верхнепалеолитическому логоциклу, а также (под)пузыри, соответствующие его фазам. Оказывается, пузыри, соответствующие логоциклам Рис. 2, состоят из трех подпузырей, которые названы фазами и которые в логарифмическом масштабе времени Рис. 2 делят его логоциклы примерно на одинаковые части.

Для всех других логоциклов Рис. 2 фазы рассмотрены не будут. Сейчас просто отметим, что в динамике народонаселения планеты, как и для финансовых рынков, наблюдается фрактальность в том смысле, что некоторый, условно говоря, большой пузырь (например, для народонаселения это может быть пузырь Рис. 2) состоит из других более мелких пузырей (один из них отражен на Рис. 4). А те, в свою очередь, состоят из еще более мелких пузырей (то, что названо фазами на Рис. 4).

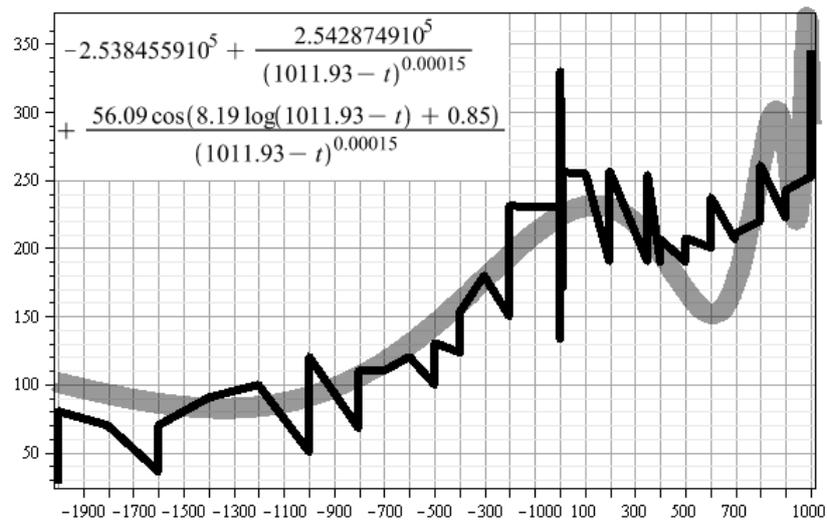


Рис. 5. (Под)пузырь в динамике роста народонаселения (ломаная линия) «древнего» логоцикла. Плавная линия – логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. Показанный интервал времени: -1999,5 (2,6 %) – 1000,5 (111,7 %) гг. от нашей эры. Источник по народонаселению – тот же, что и для Рис. 2

Для логоцикла Рис. 2, ориентировочно соответствующего неолиту, по народонаселению нет данных, которые позволили бы увидеть там пузырь (слишком мало точек). Поэтому приступим к следующему во времени (лого)циклу из Рис. 2 – «древнему».

Соответствующий ему пузырь приведен на Рис. 5.

Для него пузырь совсем не столь очевиден, как на Рис. 4. Но косвенно в пользу того, что он действительно существует (и плохо виден из-за неполноты данных), указывает анализ динамики роста количества одновременно протекающих войн, которые примерно на том же интервале времени, что и на Рис. 5, имеют схожий пузырь с примерно таким же положением экстремумов.

Если бы не было людей, то не было бы и войн (протекающих между ними). Поэтому динамика роста одновременно протекающих войн может быть и показателем динамики роста народонаселения планеты. И чтобы в этом убедиться, сначала рассмотрим не пузырь в войнах, соответствующий «древнему» логоциклу, а глобальный пузырь, аналогичный глобальному пузырю в динамике роста народонаселения на Рис. 1, 2. Он показан на Рис. 6.

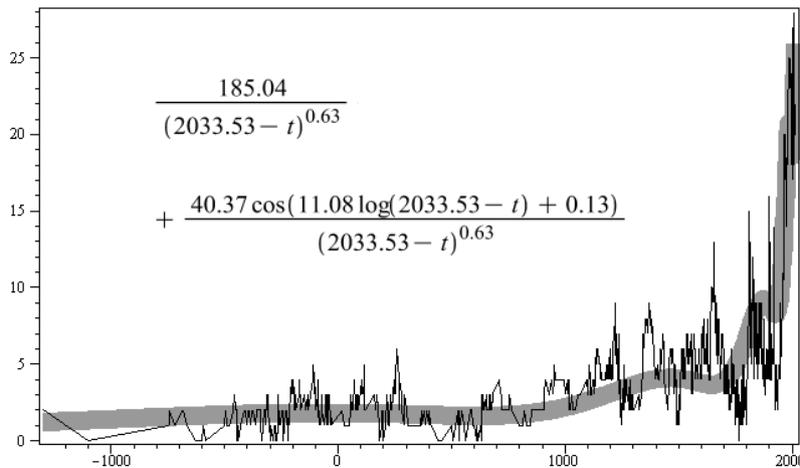


Рис. 6. Логостепенная параметризация динамики роста количества одновременно протекающих войн. По оси абсцисс – время в тысячах лет от нашей эры на интервале от -1299,5 г. до 2013,5 г.

Источник: Список... 2013.

Как видим, локальные максимумы и минимумы логостепенной параметризации Рис. 6 примерно совпадают с таковыми для логостепенной пара-

метризации народонаселения Рис. 1. Чтобы лучше это увидеть, на Рис. 7 приведем колебательную составляющую Рис. 6. Как видим, она действительно весьма синхронно идет с логоколебательной составляющей народонаселения из Рис. 2.

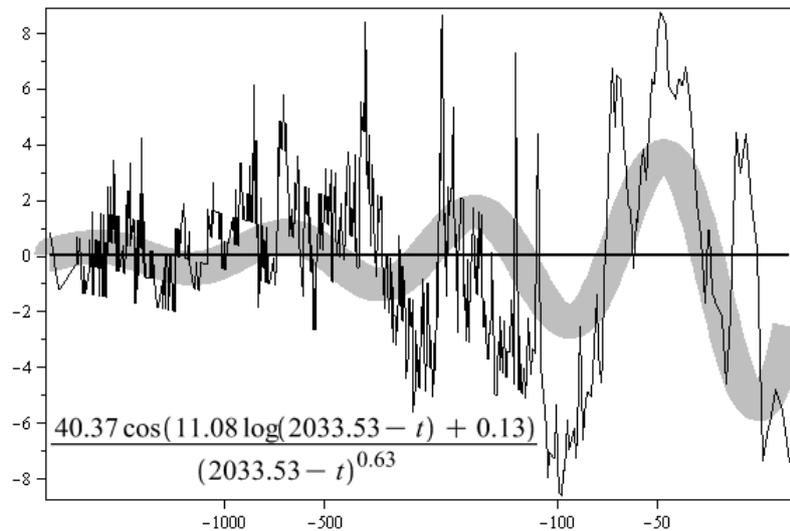


Рис. 7. Колебательная составляющая логостепенной параметризации единовременно протекающих войн (предыдущий рисунок). Точки – разность между ломаной предыдущего рисунка и главным гиперболическим членом, его параметризующим. По оси абсцисс – время (в годах) в десятичном логарифмическом масштабе, отсчитываемом от вычисленной точки сингулярности (равной 2033,53 г.). Соответствует календарному времени от –1299,5 г. до 2013,5 г.

Причем в динамике единовременно протекающих войн находится также и пузырь, совершенно аналогичный другому, более крупному варианту логостепенной параметризации народонаселения, отраженной на Рис. 3. Но соответствующие рисунки приводить не будем.

Теперь, наконец, приступим к пузырю в динамике единовременно протекающих войн, соответствующему «древнему» логоциклу. Он показан на Рис. 8. Как видно из рисунка, его локальные максимумы и минимумы идут примерно синхронно с таковыми для демографического «древнего» пузыря Рис. 5 (то есть точно так же, как и для глобального пузыря в народонаселении Рис. 1, 2, экстремумы которого идут примерно синхронно с аналогичным пузырем в войнах на Рис. 6, 7). На Рис. 8 также приводим

маленький (под)пузырь, соответствующий делению всего пузыря логочикла на фазы (аналогично верхнепалеолитическому пузырю Рис. 4 подпузырь 3-й фазы на Рис. 8 не показан по той же причине, что и для верхнепалеолитического, а подпузырь 1-й фазы на Рис. 8 отсутствует, так как источник данных по войнам не охватывает этот период).

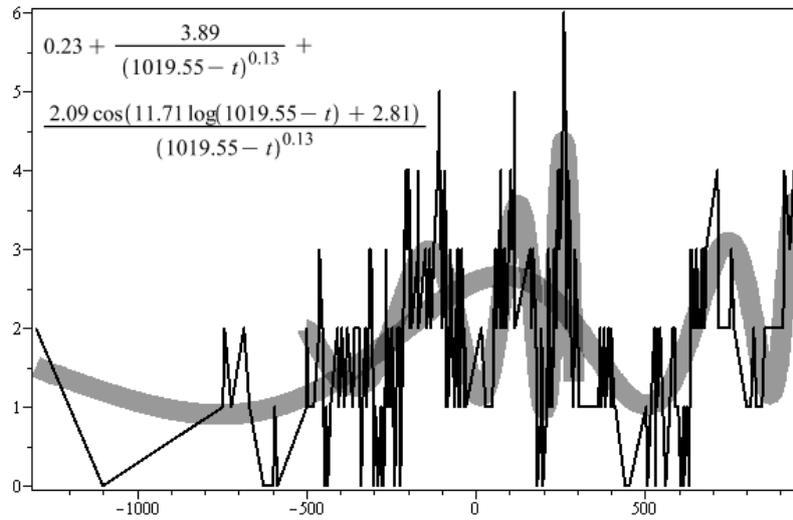


Рис. 8. Военные подпузыри «древнего» логочикла. Ломаная линия — количество одновременно протекающих в мире войн (по версии: Список... 2013); длинная плавная линия — логостепенная параметризации, полученная минимизацией дисперсии методом наименьших квадратов, описываемая формулой, приведенной на рисунке. «Зигзаг» в центре соответствует 2-й фазе логочикла (для того чтобы увидеть первую фазу, не хватает данных). 3-й фазе соответствует оставшаяся часть длинного «зигзага» после короткого. Интервал времени: -1299,5 — 951,5 гг. (17,9 % — 108,0 %)

Аналогично в динамике одновременно протекающих войн находятся и пузыри, соответствующие оставшимся периодам логоколебаний Рис. 2. В них аналогично Рис. 8 можно увидеть и фазы, которые нельзя обнаружить в динамике народонаселения из-за неполноты данных. Но соответствующие рисунки приводить не будем. Приведем лишь демографические пузыри.

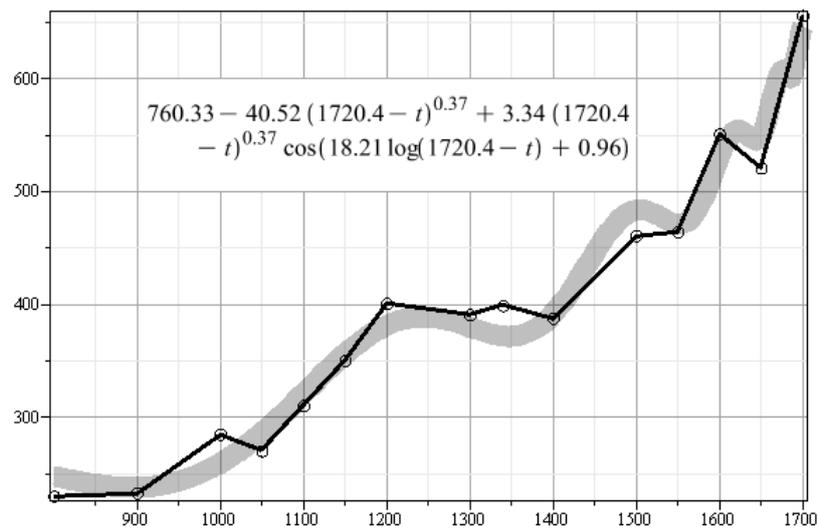


Рис. 9. Подпузырь мирового народонаселения логоцикла позднего Средневековья – раннего Нового времени. Ломаная линия – народонаселение планеты в миллионах человек (источник тот же, что и на Рис. 1, только все точки из него, которые имели одинаковые моменты времени, усреднены в эти моменты), плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. Интервал времени: 800,5 (-2,4 %) – 1700,5 (102,0 %) лет

Так, пузырь в динамике роста мирового народонаселения, соответствующий, условно говоря, логоциклу позднего Средневековья – раннего Нового времени, показан на Рис. 9. А подпузырь, соответствующий логоциклу «дикого капитализма», показан на Рис. 10.

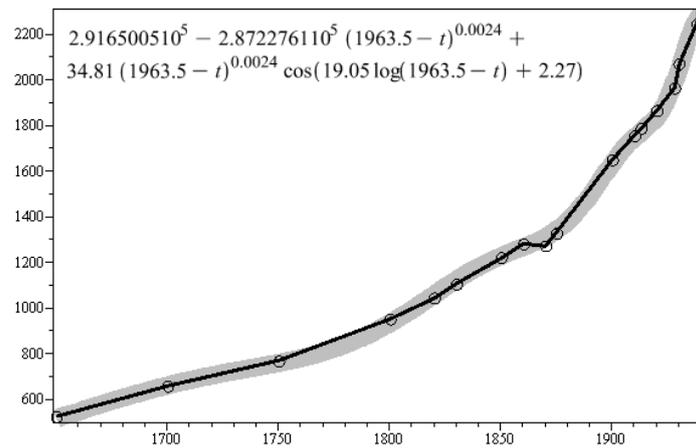


Рис. 10. Подпузырь в динамике роста мирового народонаселения логоцикла «дикого капитализма». Интервал времени: 1650,5 – 1940,5 гг. (–9,18 % – 2,1 %). Точки – народонаселение планеты в миллионах человек. Плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. Точка сингулярности = 1963,5 г. = 23,9 %. Источник данных по народонаселению тот же, что и на Рис. 1. Только в отличие от Рис. 1 на этом рисунке показано усредненное значение народонаселения в случае, если данные были заданы в один и тот же момент времени (остальные точки – без изменения)

Пузырь, соответствующий текущему (последнему, самому правому на Рис. 2) логоциклу, увидеть затруднительно. Но все же некоторый намек на наличие пузыря увидеть можно. Это демонстрируют Рис. 11, 12. Там точка сингулярности не оптимизирована. А если ее оптимизировать, она получается слишком большой (около 2038 г.) для конца логоцикла (напомним, что для всех рассмотренных выше логоциклов точки сингулярностей соответствующих им пузырей примерно совпадали с концами логоциклов). Вероятно, это связано с тем, что цикл еще не закончился: через несколько лет волна Рис. 12 справа, вероятно, «загнется» еще сильнее и уменьшит точку сингулярности до типичного значения для пузырей логоциклов (из серии Рис. 2).

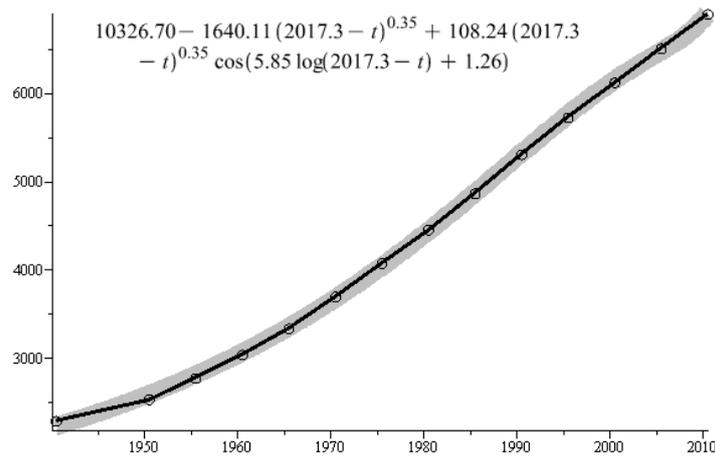


Рис. 11. Подпузырь в динамике роста мирового народонаселения современного логоцикла (постиндустриализм). Интервал времени: 1940,5 – 2010,5 гг. Точки – народонаселение планеты в миллионах человек. Плавная линия – его логотепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. Точка сингулярности = 2017,3 г., не оптимизировалась и была взята «на глаз». Источник данных по народонаселению для 1-й точки тот же, что и на Рис. 9. Остальные точки – данные ООН (ООН 2010)

Не исключено также, что отчетливо увидеть демографический пузырь, соответствующий современному логоциклу, затруднительно из-за того, что современность «стерла» относительно мелкие и быстрые колебания в нем (и оставила один крупный период на Рис. 12). Это может быть связано с тем, что продолжительность жизни человека стала сопоставима с длительностью цикла, что пособие по безработице и другие механизмы социальных гарантий не позволяют реализовываться в течение цикла, а также с относительно резким демографическим спадом в периоды экономических кризисов, тогда как для каких-то предшествующих аналогичных циклов такие кризисы могли привести к тому, что люди начали бы особо сильно конфликтовать и уничтожать друг друга, уменьшая общемировое население. И, наконец, возможно, что «загибание» точек в правой части Рис. 12 демонстрирует не пузырь, соответствующий текущему логоциклу, а мировой демографический переход начиная где-то с середины цикла (возможно, с 1990–1995 гг.). То есть период колебаний Рис. 12 – это, возможно, просто один из периодов колебаний Рис. 3 (в самой правой

части), а не пузырь. Тогда как пузырь, накладывающийся на этот период, невозможно увидеть из-за того, что относительно частые колебания, соответствующие ему, по описанным выше причинам (социальные гарантии) стало невозможно зафиксировать. Но, вероятно, эти колебания существуют.

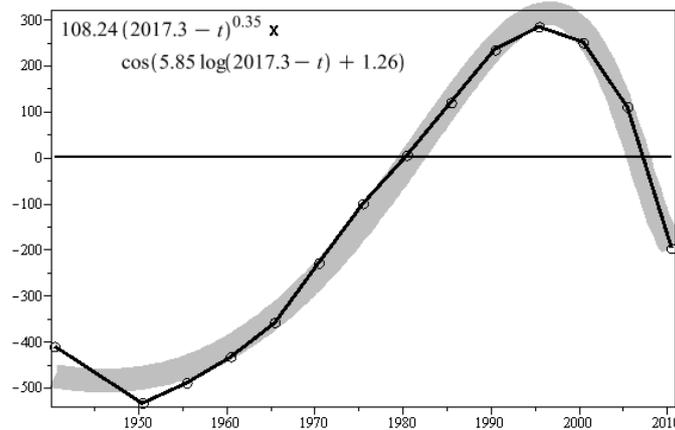


Рис. 12. Колебательная составляющая возможного пузыря современного логоцикла в динамике роста мирового населения логоцикла. Точки – разность между ломаной предыдущего рисунка и главным гиперболическим членом, его параметризующим. По оси абсцисс – времени (в годах) в десятичном логарифмическом масштабе, отсчитываемом от вычисленной точки сингулярности (равной 2017,3 г.)

На то, что они действительно существуют, указывает факт, что в ряде экономических показателей, которые еще способны к достаточно быстрым колебаниям, все же можно косвенно увидеть пузырь, соответствующий текущему логоциклу (постиндустриального общества).

2. Индекс Доу-Джонса

Например, это можно увидеть по структуре индекса Доу-Джонса. Ниже это рассмотрено подробнее. Но прежде рассмотрим глобальную эволюцию индекса Доу-Джонса, которая, как и народонаселение планеты, оказывается гиперболической с примерно такой же точкой сингулярности, как у народонаселения (см. Рис. 1, 2), только с показателем степени не «-1», как у народонаселения планеты, а «-2»; это говорит о том, что индекс Доу-Джонса, сейчас являющийся глобальным показателем развития мировой экономики, и индекс народонаселения планеты как-то связаны. А следовательно, по индексу Доу-Джонса можно как-то косвенно увидеть и фазы логоциклов народонаселения планеты.

Упомянутый гиперболический логостепенной рост индекса Доу-Джонса иллюстрирует Рис. 13. На нем показатель степени не оптимизирован. Поскольку если его оптимизировать, он получится равным « $-1,92$ », то есть очень близким к « -2 ». А соответствующий рисунок визуально невозможно было бы отличить от приведенного, на котором, как видно по приводимой там формуле, свободный коэффициент (« $-73,532$ ») получился пренебрежимо малым. Это и означает, что индекс Доу-Джонса практически растет по квадратичному гиперболическому закону.

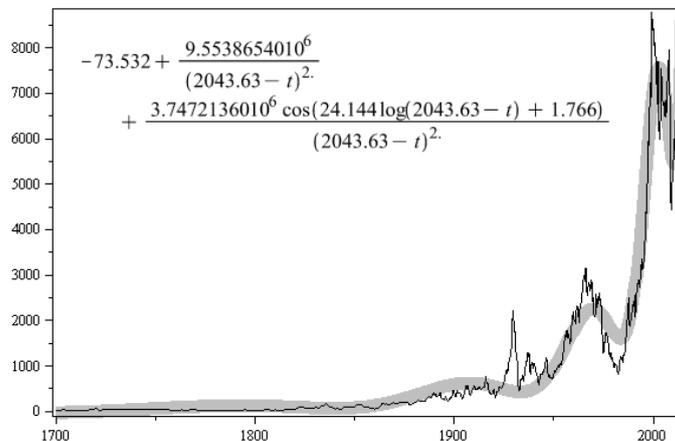


Рис. 13. Логостепенной рост индекса Доу-Джонса. По оси абсцисс – время от 1700 г. до 30.06.2014 (примерно 2014,49 г.)⁶. Ломаная линия – индекс Доу-Джонса⁷ с учетом инфляции⁸ в ценах 1982 г. с шагом в 1 год, плавная линия – его логостепенная параметризация с формулой, показанной на рисунке

⁶ С 1700 до 1789 г. точки идут с шагом в год, затем в конце первых двух кварталов 1789 г., потом – в конце первого месяца 1790 г., а затем, начиная с конца первого квартала этого же года, с шагом в один квартал идут до современности плюс последняя точка данных.

⁷ Данные по индексу Доу-Джонса с 1700 по 2000 г. любезно выслал Д. Сорнетте, до 2007 г. любезно выслал С. В. Цирель, а данные за оставшийся период взяты из (S&P Dow Jones... 2014).

⁸ Поскольку данные по инфляции доллара до современности у нас имелись лишь начиная с последнего месяца 1912 г. (использовалась промышленная инфляция [U.S. Department... 2014], более ранних данных, вероятно, не существует), то для того, чтобы примерно пересчитать индекс Доу-Джонса с учетом инфляции до этого интервала, мы воспользовались инфляцией фунта стерлингов (источник: Brown, Hopkins 1956), поскольку экономика США как производная экономики Великобритании должна была иметь и схожую инфляцию. Кроме того, инфляции фунта стерлингов и доллара примерно пропорциональны друг другу вплоть до нынешнего времени. А также с учетом того, что параметры логостепенной гиперболической параметризации определяются в основном второй половиной данных, то погрешность, которая возникла при рассмотренной «склежке», не могла существенно повлиять на результат.

Чтобы увидеть в индексе Доу-Джонса логоцикл постиндустриального общества, сначала рассмотрим с точки зрения эволюции индекса Доу-Джонса предшествующий логоцикл «дикого капитализма» (на Рис. 2 это второй справа период логоколебаний). Это представлено на Рис. 14.

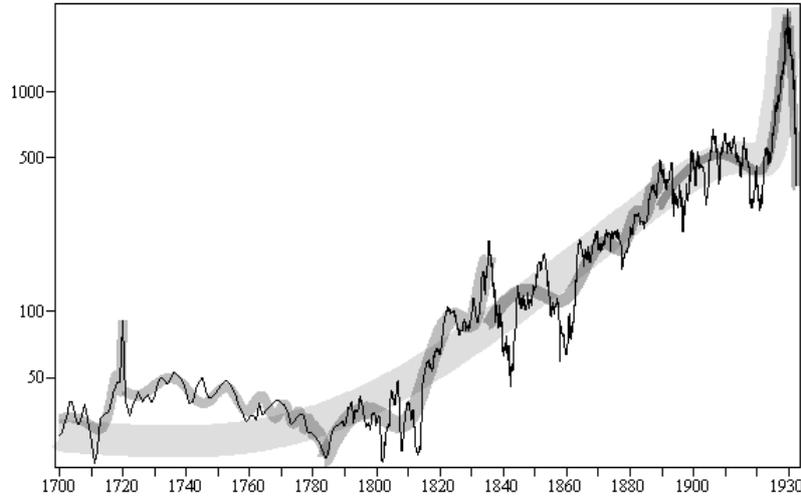


Рис. 14. Индекс Доу-Джонса логоцикла «дикого капитализма». По оси ординат – индекс Доу-Джонса с учетом инфляции⁹ в ценах 1471–1475 гг. в десятичном логарифмическом масштабе. Интервал времени: 1700–1932,5 гг. (0,9 % — 105,7 %). Плавные линии – логостепенные параметризации, полученные минимизацией дисперсии

Сделаем соответствующие пояснения.

Как отмечалось в рассмотренных выше демографических и военных пузырях, соответствующих логоциклам из Рис. 2, можно выделить 3 подпузыря – фазы, которые аналогичны по своим свойствам пузырям, соответствующим логоциклам из Рис. 2. Для индекса Доу-Джонса тоже можно выделить 3 фазы. Только в отличие от демографического и военного логоциклов они имеют другую структуру и состоят из двух подпузырей

⁹ Данные по инфляции доллара известны лишь с конца XIX в. Поэтому использовались данные по инфляции фунта стерлингов (Brown, Hopkins 1956). Но, как оказалось, разбиение на (под)пузыри совершенно не зависит от того, использованы ли данные по инфляции фунта или доллара (это проверено в той области, где эти данные пересекаются). Либо вообще можно было бы искать соответствующие (под)пузыри без использования инфляции: результат остается практически тем же: пузыри оказались бы практически на тех же местах, на которых и показаны на рисунке, и практически не изменились бы их точки сингулярности.

каждая, что, в частности, и иллюстрирует Рис. 14, который примерно совпадает с интервалом времени логоцикла «дикого капитализма» (то есть второго логоцикла в правой части Рис. 2). На этом рисунке представлены 6 относительно мелких подпузырей¹⁰, каждая пара которых, начиная с первой, образует собой фазу, которая делит логоцикл «дикого капитализма» примерно на 3 равные части в логарифмическом масштабе времени на Рис. 2. На Рис. 14 также показан огромный пузырь (жирная длинная линия), что похоже на демографические и военные пузыри логоциклов.

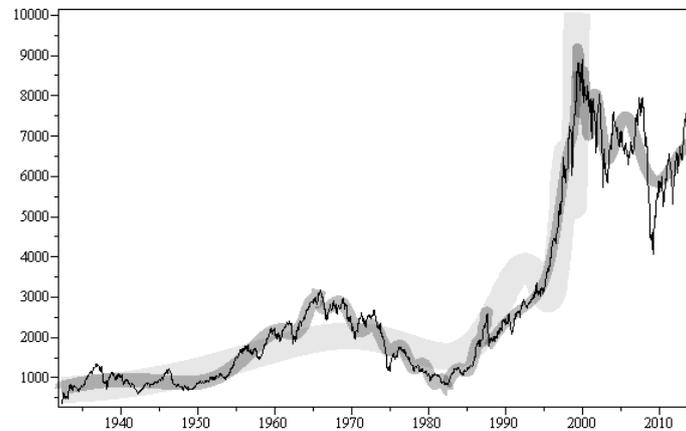


Рис. 15. Индекс Доу-Джонса на логоцикле постиндустриального общества. По оси ординат – индекс Доу-Джонса с учетом инфляции¹¹ в ценах 1982 г. Интервал времени: 1932,418 – 2014,499 гг. (–4,3 % / –10,6 % – 17,8 % / 92,5 %). Плавные линии – логостепенные параметризации, полученные минимизацией дисперсии

Совершенно аналогичную структуру имеет индекс Доу-Джонса и на современном логоцикле, что отражено на Рис. 15, в котором показаны 5 аналогичных подпузырей. 6-й мы еще не прошли, он только начался. На Рис. 15 также показан и крупный пузырь (длинная жирная плавная линия), который аналогичен таковому для предшествующего во времени логоцикла «дикого капитализма» (Рис. 14). Он заканчивается не в конце логоцикла. Вероятно, аналогично тому, как фазы состоят из двух (под)пузырей

¹⁰ Использованы данные по промышленной инфляции доллара. Источник: (U.S. Department... 2014).

¹¹ Это могут быть пузыри как растущие со временем, так и убывающие. В частности, могут быть антипузыри (подробнее см.: Сорнетте 2008) и отрицательные пузыри (подробнее см.: Yan *et al.* 2011).

(в индексе Доу-Джонса), так и логоцикл состоит из двух и более крупных (под)пузырей, один из которых представлен жирной, самой длинной линией на Рис. 15. В среднем подпузыри фаз делят их (фазы) на две равные половины (в логарифмическом масштабе времени Рис. 2). Но отклонение от этого правила может иметь порядок длительности половины фазы. Вероятно, то же самое имеет место и в отношении более крупных подпузырей, которые делят логоцикл в среднем пополам (в логарифмическом масштабе времени Рис. 2). Такой разброс соответствует тому, что для логоцикла «дикого капитализма» (Рис. 14) первый такой подпузырь охватил почти весь логоцикл, а для современного логоцикла (Рис. 15) он уже закончился близко к его середине (в логарифмическом масштабе времени).

3. Современный логоцикл в динамике единовременно протекающих войн

Текущий логоцикл постиндустриального общества можно увидеть и в динамике единовременно протекающих войн. В ней можно увидеть подпузыри, соответствующие как логоциклу в целом, так и его фазам, что иллюстрирует Рис. 16. Третья фаза еще не закончилась, поэтому математически увидеть ее затруднительно, соответственно на рисунке отвечающего ей 3-го пузыря не показано.

4. Инфляция фунта стерлингов

Вероятно, гиперболическому росту с точкой сингулярности, примерно такой же, как точка сингулярности глобальной логостепенной параметризации народонаселения (Рис. 1, 2), подвержена и инфляция. Существующие данные по инфляции фунта стерлингов охватывают наиболее широкий интервал, поэтому мы их рассмотрим. На Рис. 17 приведена его логостепенная параметризация. А на Рис. 18 приведена колебательная составляющая этой параметризации.

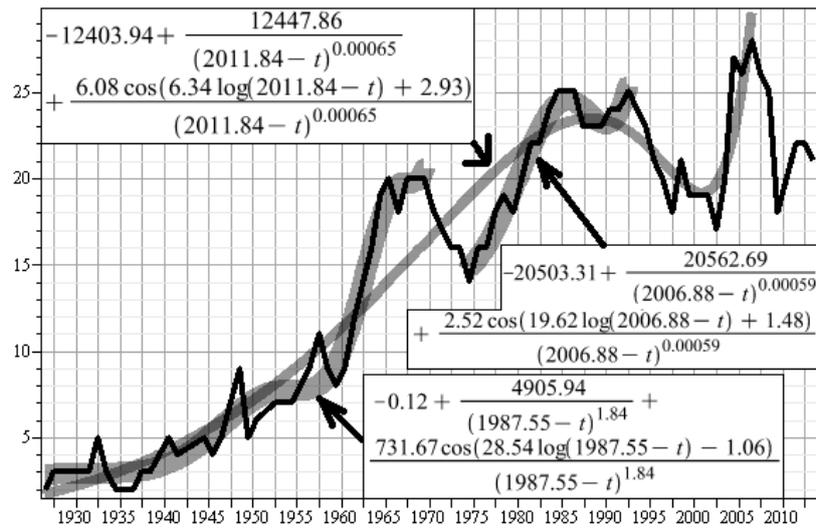


Рис. 16. Военный пузырь современного логоцикла и его подпузыри. Ломаная линия – количество одновременно протекающих в мире войн (по версии: Список... 2013), длинная плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке (пузырь логоцикла постиндустриального общества). Интервал времени, на котором производилась параметризация: 1926,5 – 2006,5 гг., показанный интервал: 1926,5 – 2013,5 гг. Короткие толстые линии – логостепенные параметризации, полученные минимизацией дисперсии, соответствуют 1-й и 2-й фазам логоцикла

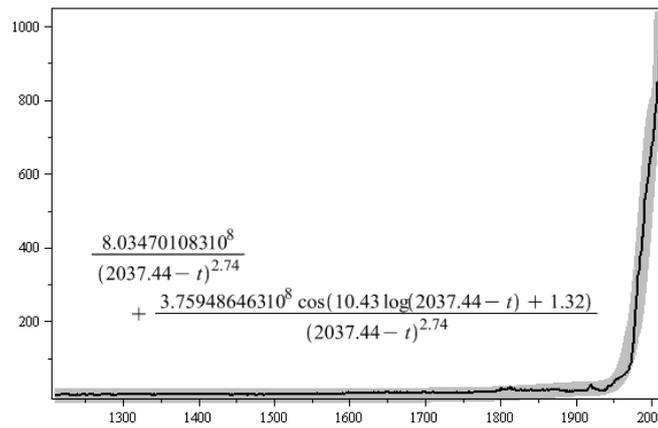


Рис. 17. Инфляция фунта стерлингов. Ломаная линия – инфляция в ценах января 1974 г., плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке по всем параметрам, кроме точки сингулярности, взятой из логостепенной параметризации народонаселения (из Рис. 1). Интервал времени, на котором производилась параметризация: 1209,5 – 2013,5 гг. Коэффициент детерминации = .9948

Источники: Fischer б. г.¹²; Brown, Hopkins 1956¹³; National... 2014¹⁴.

Как видим, показатель степени получился близким к «-3». Если оптимизировать и по нему (так же, как и на Рис. 18, при фиксированной точке сингулярности на значении точки сингулярности народонаселения планеты из Рис. 1), то рассматриваемые последние два рисунка заменятся так мало, что визуально невозможно будет заметить.

Выделять в этой статье фазы логоциклов, а вместе с тем и сами логоциклы, по подпузырям в динамике инфляции (подобно тому, как это сделано выше по отношению к индексу Доу-Джонса), мы не станем (но это тоже возможно). Обратимся теперь к более крупному типу логоциклов в динамике роста народонаселения планеты, которые показаны на Рис. 3. Назовем их надциклами.

¹² По этому источнику использованы данные по инфляции “Consumables Price Index” до 1208 г. Данные извлечены путем оцифровки приводимого там графика. Он также должен содержаться в книге (Fischer 1996).

¹³ Здесь приводится “Consumables Price Index”. Из этого источника взяты данные по инфляции в период 1264–1954 гг.

¹⁴ Из этого источника использованы данные по “Consumer Prices Index” после 1954 г.

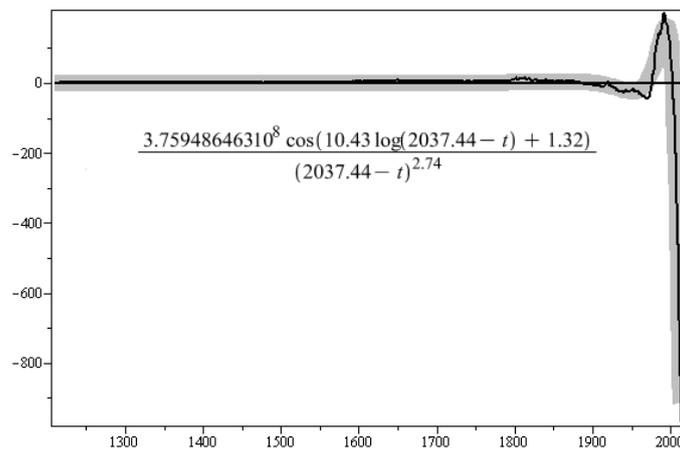


Рис. 18. Колебательная составляющая логостепенной параметризации инфляции фунта стерлингов. Ломаная линия – разность между ломаной и главным (первым) членом параметризации предыдущего рисунка, плавная линия описывается вторым (колебательным) членом предыдущего рисунка

5. Надциклы

Как обосновано выше, каждому из более мелких логоциклов Рис. 2 соответствует свой пузырь, что, напомним, совершенно аналогично логостепенным параметризациям разных показателей финансовых рынков. Совершенно аналогичную картину можно наблюдать и по отношению к надциклам.

Как видно из Рис. 3, каждый надцикл состоит примерно из трех логоциклов Рис. 2. Это очень похоже на то, как кратко обосновано выше (не для всех логоциклов), что каждый логоцикл Рис. 2 состоит из трех фаз – пузырей-фаз. Это в силу фрактальности тоже указывает на то, что надциклам в динамике народонаселения планеты должны соответствовать свои пузыри (тоже с точками сингулярности примерно в концах надциклов). Рис. 19 демонстрирует это для первого (левого) надцикла Рис. 3, который, вслед за Л. Е. Грининым (2009), назовем сельскохозяйственным (над)циклом, так как он охватывает период от неолитической до начала промышленной революции.

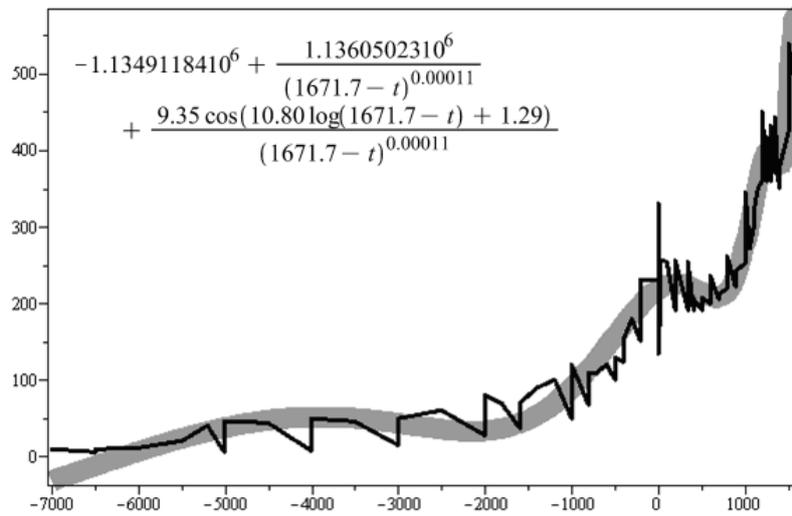


Рис. 19. Демографический подпузырь, соответствующий сельскохозяйственному надциклу. По оси абсцисс – время от –6999,5 г. до 1600,5 г. Ломаная – мировое народонаселение (источник тот же, что и на Рис. 1). Плавная линия – логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии и описываемая формулой, приведенной на рисунке (подобрана методом минимизации дисперсии)

Этот же пузырь можно увидеть и в динамике одновременно протекающих войн, что иллюстрирует Рис. 20. Причем, как видно из сравнения этого рисунка с Рис. 19, положение локальных максимумов и минимумов в обоих случаях примерно совпадает. Это в очередной раз указывает на возможность некоторого рода реконструкции динамики мирового народонаселения по данным о войнах.

Совершенно аналогично тому, как для финансовых рынков один и тот же пузырь может описываться разными типами логостепенных параметризаций с разной степенью «мелкости» логоциклов, но примерно с одними и теми же точками сингулярности, так и рассмотренный пузырь сельскохозяйственного надцикла имеет другое альтернативное описание, показанное на Рис. 20. Напомним, что совершенно аналогичное альтернативное описание имеет место и для глобальной логостепенной параметризации динамики народонаселения планеты, отраженной на Рис. 1–3.

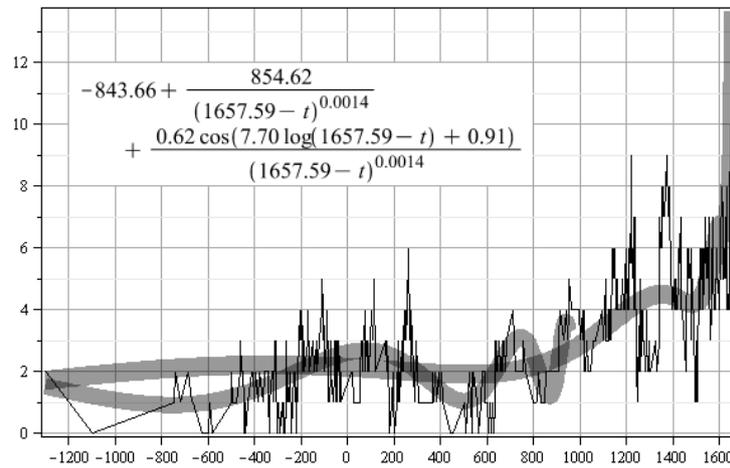


Рис. 20. Демографический подпузырь, соответствующий сельскохозяйственному надциклу. Ломаная – динамика одновременно протекающих войн (источник тот же, что и на Рис. 6). Длинная плавная линия – логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии и описываемая формулой, приведенной на рисунке. Короткая плавная линия – подпузырь, соответствующий второй фазе (то же, что и на Рис. 8). По оси абсцисс – время от -6999,5 г. до 1600,5 г.

К сожалению, так же отчетливо, как на Рис. 19, увидеть пузырь, соответствующий правому надциклу в динамике народонаселения Рис. 3, не получается, что, вероятно, связано с причинами, аналогичными тем, по которым затруднительно отчетливо увидеть пузырь в динамике роста народонаселения, соответствующий последнему (самому правому) логочиклу из Рис. 2. Пузырь, соответствующий самому правому надциклу Рис. 19, назовем капиталистическим или промышленным, так как с его началом, с началом промышленной революции, стал бурно развиваться капитализм (соответственно логично заключить, что с его концом он может начать уходить в прошлое, подобно тому как с завершением сельскохозяйственного надцикла, с началом промышленной революции, типичный социально-экономический уклад, соответствующий «традиционному» сельскому хозяйству, стал уходить в прошлое).

Но на помощь опять может прийти динамика одновременно протекающих войн, в которой уже можно увидеть второй пузырь Рис. 3, соответствующий развитию капитализма, что отражено на Рис. 22.

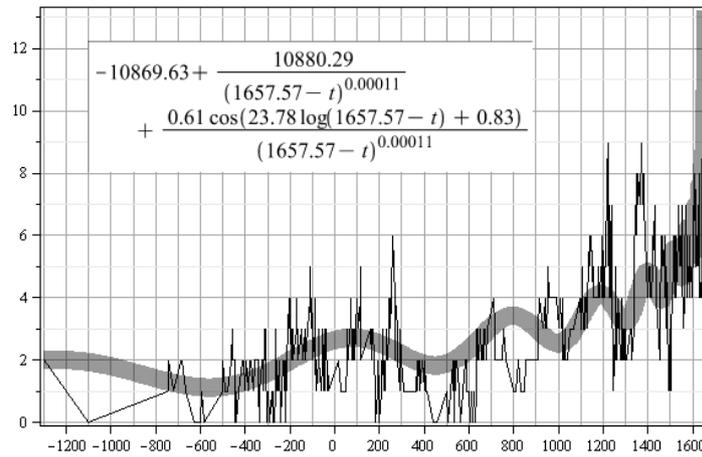


Рис. 21. Демографический подпузырь, соответствующий сельскохозяйственному надциклу (второй вариант). Обозначения те же, что и на Рис. 20

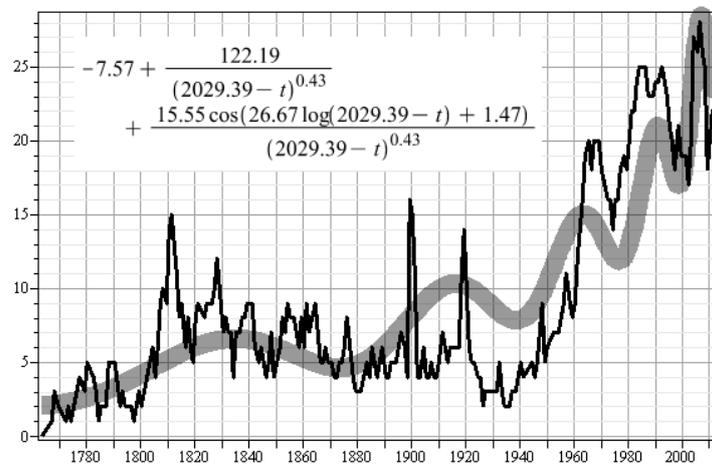


Рис. 22. Военный подпузырь капитализма. Ломаная линия – количество одновременно протекающих в мире войн (по версии: Список... 2013), плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. По оси абсцисс – время от 1763,5 г. до 2013,5 г.

Причина того, что аналогичным образом не удастся параметризовать население планеты (примерно на том же интервале времени, где развивается капиталистический надцикл в динамике одновременно протекающих войн), может состоять в банальной невозможности столь быстрых, сильных и частых колебаний народонаселения, как это имеет место для войн на Рис. 22. Для каких-то возможных более древних логоциклов это было бы вероятно (например, как для верхнепалеолитического на Рис. 4). А когда периоды колебаний сопоставимы или меньше человеческой жизни (как на Рис. 22), это становится почти невозможным. Можно ожидать увидеть лишь какие-то гораздо меньшие по амплитуде колебания, чем на Рис. 22 в войнах. Но когда на фоне этих малоамплитудных колебаний развивается какое-то гораздо более длительное и более крупное по амплитуде колебание, как на Рис. 22, то мелкие колебания логостепенная параметризация «поймать» будет не в состоянии. На Рис. 22 виден очень глубокий провал в районе 1940 г. И если бы не было сильных всплесков (в районе 1820, 1900–1920 гг. и т. д.), то колебательная составляющая логостепенной параметризации Рис. 22 «предпочла» бы «поймать» упомянутый глубокий провал и не «увидела» бы более мелкие логоколебания, показанные на Рис. 22. Поэтому, чтобы увидеть их в динамике народонаселения планеты, можно попробовать «сгладить» провал в районе 1940 г., а затем поискать более мелкие логоколебания того типа, которые показаны на Рис. 22.

Упомянутое сглаживание проведено на Рис. 23. Там данные по народонаселению параметризуются полиномом 6-й степени («сглаживаются»). При этом выбрана такая степень, потому что по мере дальнейшего роста степени параметризация точек Рис. 23 полиномом существенно не меняется. Иначе говоря, в зависимости дисперсии параметризации полиномом точек Рис. 23 как функции степени полинома при значении полинома степени, равном 6, наблюдается «полочка», после которой дисперсия начинает меняться очень слабо. По этому математическому критерию и выбрана для степени шестерка. Это соответствует тому, что крупный провал на Рис. 22 в районе 1940 г. полином описал исправно, а значительно более мелкие колебания существенно не затронул.

В результате теперь в колебаниях ломаной линии Рис. 22 относительно плавной можно увидеть такие же логоколебания, что и в динамике одновременно протекающих войн на Рис. 22. Это отражено на Рис. 24. Как видим, положение максимумов и минимумов логопараметризации Рис. 24 действительно примерно совпадает с таковым для одновременно протекающих войн на Рис. 22.

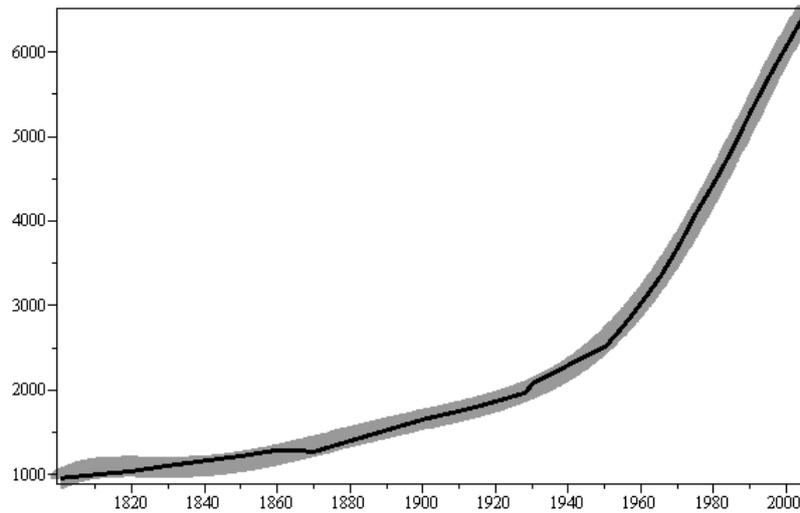


Рис. 23. Динамика роста населения планеты (ломаная линия) на надцикле капитализма и его параметризация полиномом 6-й степени (плавная линия). Время показано на интервале 1800,5–2005,5 гг. Данные по народонаселению (ломаная) использованы те же, что и на Рис. 1, только вместо приводимых там точек, которые имеют одни и те же моменты, приведены их усредненные значения (то есть произведено усреднение народонаселения, полученное разными авторами для одних и тех же моментов времени)

Таким образом, есть все основания полагать, что динамика народонаселения планеты подчиняется тем же законам и внутренним механизмам развития, что и разные показатели финансовых рынков.

Из показателей финансовых рынков рассмотрены только инфляция фунта стерлингов и индекс Доу-Джонса. Но этот индекс развивается примерно синхронно с другими аналогичными индексами, поэтому является усредненным показателем динамики стоимости акций/предприятий всего мира. Инфляция фунта стерлингов тоже является глобальным усредненным показателем инфляций других валют. В частности, в рассмотренном масштабе времени она пропорциональна инфляции доллара, который является основной резервной валютой. До него такую роль играл фунт стерлингов, поэтому его инфляция, как и доллара, вполне является глобальным показателем развития мировой финансовой системы. В результате инфляция фунта стерлингов/доллара вместе с индексом Доу-Джонса яв-

ляются ключевыми глобальными характеристиками эволюции разных показателей финансовых рынков.

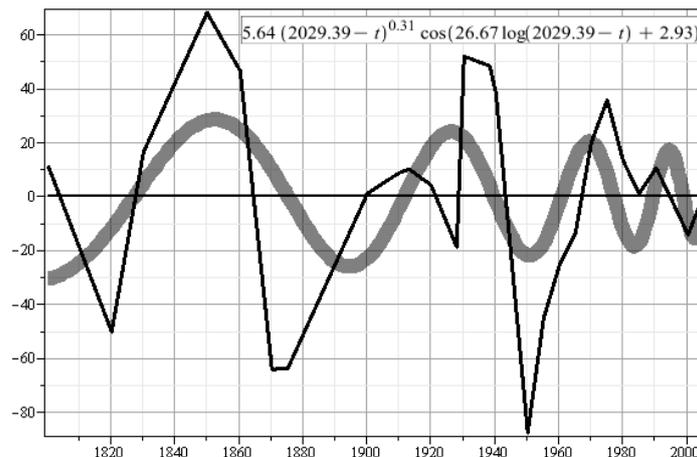


Рис. 24. Логиколебания народонаселения капиталистического надцикла. Ломаная – разность между ломаной и плавной линиями предыдущего рисунка. Плавная линия – логиколебания, полученные минимизацией дисперсии, описываемые формулой, приведенной на рисунке. Точки сингулярности и коэффициента сокращения периодов взяты из пузыря в динамике войн (Рис. 22), остальные параметры получены минимизацией дисперсии

Логоциклы и того и другого имеют тождественную математическую структуру, и то и другое подчиняется глобальному гиперболическому росту (если рассматривать промежутки времени в сотни лет) с примерно одной и той же точкой сингулярности.

Это дает основание предполагать, что ряд «традиционных» параметров, подчиняющихся гиперболическому закону роста, содержат в себе логиколебания и описываются той же формулой (1), что и народонаселение, индекс Доу-Джонса или инфляция. Ниже приведем несколько рисунков, которые указывают, что это действительно так.

Начнем с динамики ВВП на душу населения.

6. Подушевой ВВП

Как отмечено в начале статьи, в работе (Коротаев 2006) для описания эволюции подушевого ВВП используется обычная гипербола. К сожалению, выявление основного тренда (в частности, показателя степени) без учета логиколебательной составляющей имеет большие погрешности и, как по-

казывает наш анализ разных показателей финансовых рынков, для показателя степени погрешность может составлять порядка 100 %. Анализ динамики роста мирового ВВП с учетом логоколебательной составляющей по формуле (1) свидетельствует, что его основным трендом является скорее квадратичная гипербола. На Рис. 25 показана логостепенная параметризация при фиксированном (неоптимизируемом) показателе степени на «-2». К сожалению, количество точек-данных не позволяет определить этот показатель прямым образом путем оптимизации. Всего их 69 примерно на промежуток в 2 тысячи лет при подавляющей их концентрации в интервале последних 50 лет, что приводит к очень ненадежному определению показателя степени в случае оптимизации и по нему. Тогда он получается равным около «-8,8», а точка сингулярности – равной 2210,9 г. И если рассматривать показатель степени как функцию последней точки данных (при оптимизации по всем параметрам Рис. 25), то за последние несколько десятков лет он будет меняться на величину, сопоставимую с только что приведенным показателем. Поэтому рассматриваемые данные по мировому душевому ВВП не позволяют определить показатель непосредственно, путем оптимизации.

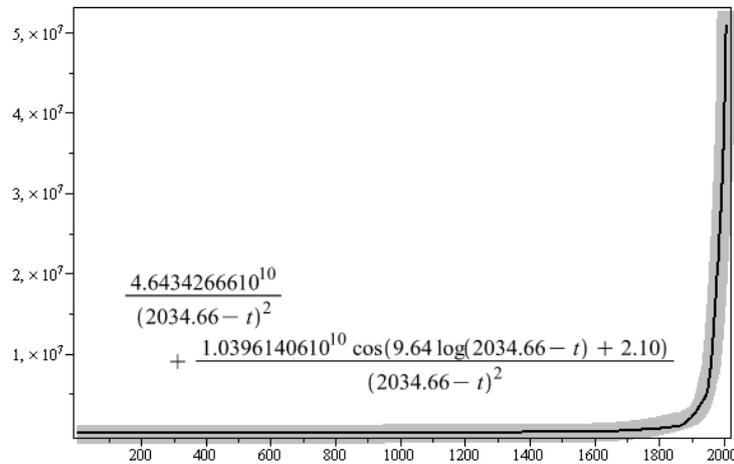


Рис. 25. Логостепенная квадратично-гиперболическая параметризация душевого мирового ВВП. Ломаная – душевой ВВП в миллионах долларов в ценах 1990 г. (источник: Maddison 2010). Плавная линия – логостепенная параметризация, полученные минимизацией дисперсии, описываемые формулой, приведенной на рисунке. Показатель степени не оптимизировался. Коэффициент детерминации = 0,998. Интервал времени: 1,5 – 2008,5 гг.

Но можно попытаться определить его косвенно. В частности, это демонстрирует Рис. 26. По нему видно, что при рассматриваемом показателе степени, равном «-2», колебательная составляющая мирового подушевого ВВП имеет локальные максимумы и минимумы примерно там же, где имеет и колебательная составляющая логостепенной параметризации народонаселения (см. Рис. 2). Это очень хорошо согласуется с тем, что колебания народонаселения Рис. 2 соответствуют циклам развития технологических революций. Действительно, технологические революции (например, промышленная) происходят в первых половинах логоциклов Рис. 2, и поэтому именно в данные периоды должна максимально быстро расти колебательная составляющая подушевого ВВП. К концу же логоциклов Рис. 2 былая технологическая революция сходит на нет, и поэтому ближе к концам логоциклов Рис. 2 как раз и логично ожидать уменьшение колебательной составляющей динамики изменения подушевого ВВП, чему как раз примерно и соответствует Рис. 26. В случае же логостепенной параметризации с показателем, равным «-1», ничего подобного не получается и близко.

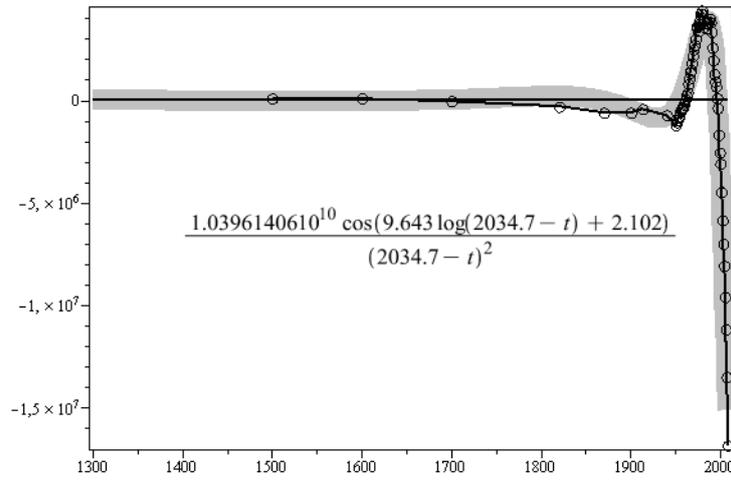


Рис. 26. Логоколебательная составляющая логостепенной параметризации мирового ВВП на душу населения. Точки – разность между ломаной предыдущего рисунка и главным гиперболическим членом его параметризации. Плавная линия – колебательная составляющая логостепенной параметризации Рис. 25 (второй член). При этом первые 2 точки в моменты времени 1,5, 1000,5 лет для удобства восприятия не показаны. При параметризации, как и в случае с народонаселением, коэффициент C_2 был опущен. Его учет существенно не меняет рисунка

Конечно, можно предположить, что резкий и сильный колебательный спад подушевого ВВП, который происходит последние несколько десятков лет (правая часть Рис. 26), связан вовсе не с логоколебаниями, а с каким-то другим процессом. Но против этого говорит то, что в колебаниях точек Рис. 26 относительно плавной линии «сидит» другой тип логоколебаний, примерно с той же точкой сингулярности, что и на Рис. 26. Это отражено на Рис. 27.

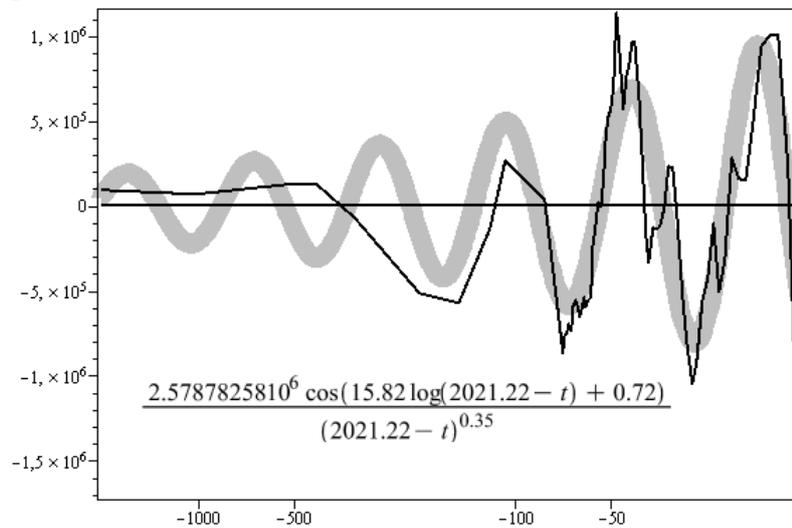


Рис. 27. Логоколебательная составляющая мирового подушевого ВВП, второй шаг итераций. Ломаная линия – разность между ломаной и плавной линиями предыдущего рисунка. Плавная линия – логоколебания, полученные минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. По оси абсцисс – годы, отсчитываемые от точки сингулярности (получившейся равной 2021,22 г.)

Как неоднократно проверено, совершенно аналогичным свойством (наложение одних логоколебаний на другие с примерно одними и теми же точками сингулярности) обладают и все другие, самые разные показатели финансовых рынков. То же самое имеет место и для динамики народонаселения планеты и одновременно протекающих войн. Фактически об этом шла речь выше, когда приводились разные альтернативные варианты логостепенной параметризации одного и того же пузыря, например на Рис. 2 и Рис. 3 для народонаселения или на Рис. 20 и Рис. 21 для одновременно протекающих войн. То есть в одном и том же пузыре одновременно находятся разные типы логоколебаний, накладываясь друг на друга и имея примерно одну и ту же точку сингулярности. Поэтому малове-

роятно, что логоколебания Рис. 27 – случайность. Вместе с тем маловероятно, что резкий и сильный колебательный спад на Рис. 26 – процесс, не связанный с логоколебаниями.

Разумеется, показатель степени с точностью до нескольких десятых таким образом определить невозможно. Но есть другое, косвенное, указание на то, что он все-таки равен двум: если вместо Рис. 25 точку сингулярности и коэффициент сокращения периодов взять такими же, как у логостепенной параметризации народонаселения (Рис. 1), а по остальным параметрам (показанным на рис. 25) оптимизировать, то показатель степени получается удивительно близким к «-2», равным «-2,036». Если же не оптимизировать только точку сингулярности, то показатель получается равным «-2,23», а в обоих случаях визуальное соответствие остается примерно таким же, как и на Рис. 26.

И, наконец, еще одно косвенное свидетельство в пользу того, что основной тренд душевого ВВП является квадратичной гиперболой: основным трендом роста индекса Доу-Джонса является квадратичная гипербола (см. Рис. 13). Аргумент основан на том, что индекс Доу-Джонса представляет собой, с точностью до коэффициента пропорциональности, некоторую усредненную стоимость акций. И если представить себе, что все население мира получало бы зарплату только в виде дивидендов от акций, то чем выше была бы их стоимость, тем выше была бы зарплата, а следовательно, и душевой ВВП. Это дает основание полагать, что в глобальном плане (если пренебречь относительно мелкими отклонениями) индекс Доу-Джонса и душевой ВВП должны быть примерно пропорциональны друг другу. Следовательно, то, что индекс Доу-Джонса имеет основным трендом квадратичную гиперболу, указывает на то, что то же самое справедливо и для душевого ВВП.

7. Грамотность

Для другого «гиперболического» параметра – доли грамотных, вероятно, тоже работает логостепенная параметризация (1), которая позволяет описать резкое сокращение доли грамотных по отношению к гиперболическому росту (которое имеет место, если пользоваться только гиперболической параметризацией) за последние несколько десятков лет. Это иллюстрируют Рис. 28, 29. На Рис. 28 первые две точки в несколько раз завышаются по отношению к параметризации. Но примерно такое же завышение есть и в варианте параметризации грамотности только гиперболой (Коротаяев 2006: диаграмма 7). Это завышение может быть связано не только с систематическим отклонением параметризации от точек, погрешностью точек, но и с сильными локальными циклическими отклонениями точек: для логостепенной параметризации народонаселения планеты как раз примерно в эти же моменты времени тоже имеются сильные скачки в народонаселении (см. Рис. 2, 3), которые связаны с соответствующими логоколебаниями.

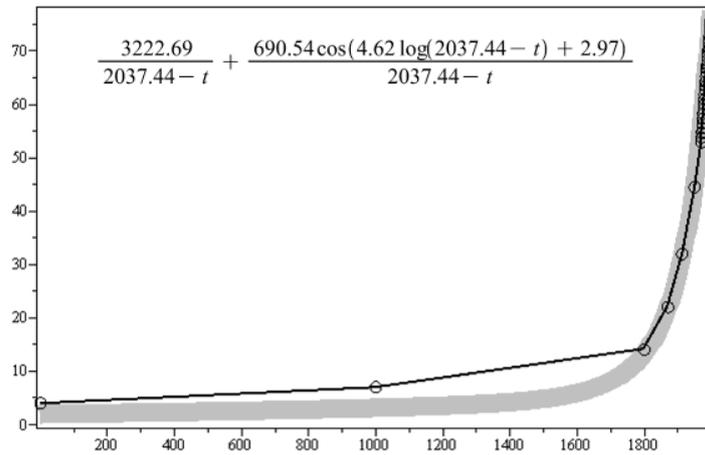


Рис. 28. Гиперболическая логостепенная параметризация динамики роста мировой грамотности (в процентах). Точки – доля грамотных в мире¹⁵, плавная линия – логостепенная параметризация с фиксированным показателем и точкой сингулярности (неоптимизированными). Точка сингулярности фиксирована на значении, полученном при логостепенной параметризации народонаселения планеты (см. Рис. 1). Коэффициент детерминации = 0,996

Как видно из Рис. 29, логоколебательная составляющая роста грамотности этого рисунка имеет максимумы и минимумы примерно там же, где таковые имеются для варианта на Рис. 3 логостепенной параметризации народонаселения планеты. Что и логично: логоциклы в динамике народонаселения как Рис. 2, так и Рис. 3 связаны с технологическими революциями, которые связаны с грамотностью.

В случае Рис. 3 (его логоциклы выше названы надциклами) первый логоцикл (первый надцикл) связан с сельскохозяйственной, а второй – с промышленной революциями. Поэтому логично, что в начале этих революций колебательная составляющая потребности в росте интеллекта/грамотности была особенно велика, тогда как при приближении к концу соответствующей технологической революции технологии оттачиваются, доводятся до предела и начинают просто однообразно «штамповаться», что уменьшает требования к интеллекту. Например, сейчас многие не знают таблицы умножения, тогда как полвека назад наизусть учили таблицу умножения двузначных чисел. Сейчас технологии позволяют людям меньше думать, что является частным проявлением того, что соот-

¹⁵ Выражаю глубокую благодарность А. В. Коротаеву за высланные соответствующие данные. Ссылки на первоисточник по ним есть в работе (Коротаев 2006).

ветствующая технологическая революция близится к своему насыщению. Все вместе, вероятно, и приводит к сокращению доли грамотных в колебательной составляющей к концу циклов, что и отражено на Рис. 29 (хотя при этом общая доля грамотных, конечно же, растет).

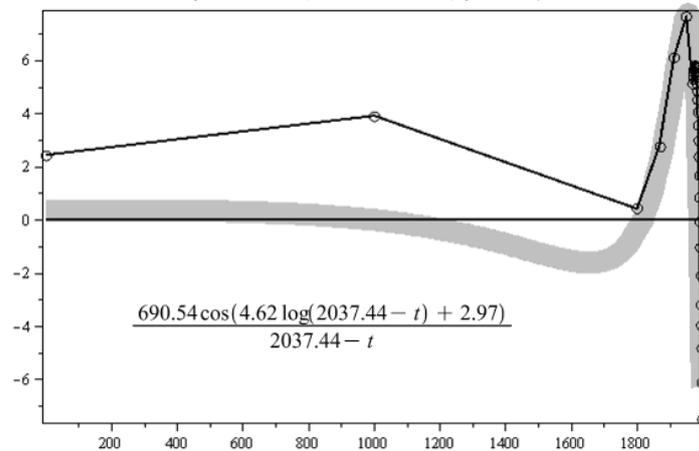


Рис. 29. Колебательная составляющая динамики мировой грамотности. Точки – разность между точками и главным (гиперболическим) членом параметризации предыдущего рисунка, плавная линия – колебательный член параметризации предыдущего рисунка. Интервал времени: 1–1999 гг.

Косвенно в пользу верности такой интерпретации говорит то, что аналогичную картину можно увидеть и для более мелкого типа логоциклов динамики народонаселения планеты из Рис. 2.

В странах Западной Европы в период с 1884 по 2004 г. произошло снижение IQ на 14 пунктов (Woodley *et al.* 2013)¹⁶. Но это снижение не было монотонным: после Второй мировой войны IQ какое-то время рос как по миру в целом, так и в отдельных странах.

Данный рост получил название «эффект Флинна» (Woodley *et al.* 2013), который зафиксировал рост IQ в США с 1934 по 1979 г. на 10 пунктов (Эффект... 2013) и на 20 пунктов у голландских призывников с 1952 по 1982 г. (Там же). Работы Т. Тисдейла и Д. Оуэна показали, что IQ датских призывников росли на 3 пункта в десятилетия с 1959 по 1979 г. (Там же; Teasdale, Owen 2005).

¹⁶ В начале этого периода тесты на IQ еще не проводились, но значение IQ начиная с того времени удалось вычислить благодаря знанию «времени реакции», измерения которого уже тогда проводились и которое, как оказалось, напрямую связано с IQ (чем быстрее человек реагирует на некий раздражитель, тем быстрее идут мыслительные процессы в мозге).

Это хорошо согласуется с тем, что после войны началась новая технологическая революция (электрико-химическая, формируется постиндустриальное общество) – повышательная часть самой правой логоволны Рис. 2 (если считать слева).

А затем, когда началась понижательная часть современного логоцикла на Рис. 2 (ориентировочно с 1990 г.), IQ опять начал замедляться и падать.

«Проведенные после 2000 года исследования показали спад эффекта Флинна – рост IQ замедляется, прекращается или даже сменяется спадом. Так, проведенное в 2004 году исследование данных об IQ норвежских призывников показало, что после середины 1990-х годов рост остановился и сменился небольшим спадом» (Эффект... 2013). Так, за следующее десятилетие, с 1979 по 1989 г., IQ вырос не на 3 пункта, а на 2, а за следующее десятилетие, с 1989 по 1998 г., – на 1,5 пункта. И далее настолько же понизился за десятилетие до 2008 г. (Там же; Teasdale, Owen 2005). Падение IQ (ориентировочно на 4 пункта), в частности, зафиксировано и в России для студентов в период с 2001 по 2009 г. (Кульбеков б. г.).

Падение IQ до Второй мировой войны хорошо согласуется с тем, что оно как раз приходилось на понижательную часть предшествующего к нам логоцикла «дикого капитализма» (на Рис. 2 – второй логоцикл справа).

Таким образом, колебания в уровне IQ хорошо согласуются с логоколебаниями в динамике народонаселения на Рис. 2, 3 – примерно повторяют их (во всяком случае, там, где есть данные), что тем самым косвенно подтверждает верность логостепенной параметризации Рис. 28, соответствующей более крупным логоциклам. В свете этого выглядит более понятным то, что рост народонаселения и рост доли грамотных имеют примерно одну и ту же точку сингулярности.

Надежно определить показатель степени логостепенной параметризации доли грамотных как имеющий значение «-1» рассматриваемые данные по грамотности не позволяют. На то, что он действительно находится в районе «-1», косвенно указывает следующее: если вместо Рис. 28 провести оптимизацию и по показателю степени (при фиксированной точке сингулярности на значении из логостепенной параметризации народонаселения Рис. 1), то для показателя получится значение «-0,73», что находится в районе «-1».

8. Динамика численности населения крупнейших поселений мира

Логостепенная параметризация динамики численности населения крупнейших поселений мира (то есть по формуле (1)), похоже, тоже демонстрирует их гиперболический рост с наложенными логоколебаниями, имеющими экстремумы примерно там же, где и логостепенная параметризация народонаселения в варианте Рис. 3. Так, если взять коэффициент сокращения периодов и точку сингулярности из этого рисунка и оптимизировать с ними по остальным параметрам, то для параметризации численности населения крупнейших поселений мира получится то, что показано на Рис. 30, 31.

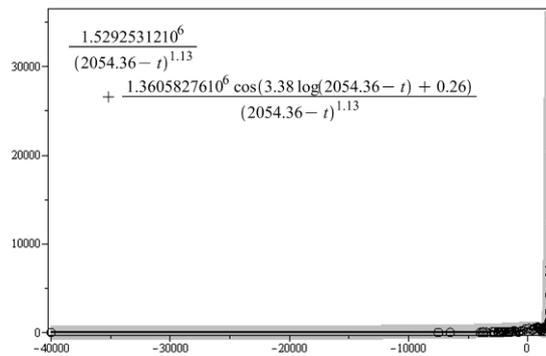


Рис. 30. Логостепенная параметризация динамики численности населения крупнейших поселений мира (в тысячах человек). Точки – численность населения крупнейших поселений мира¹⁷, плавная линия – логостепенная параметризация с фиксированной точкой сингулярности и коэффициентом сокращения периодов на значении из Рис. 3. Коэффициент детерминации = 0,994. Интервал времени: 40 тыс. лет до н. э. – 2007 г.

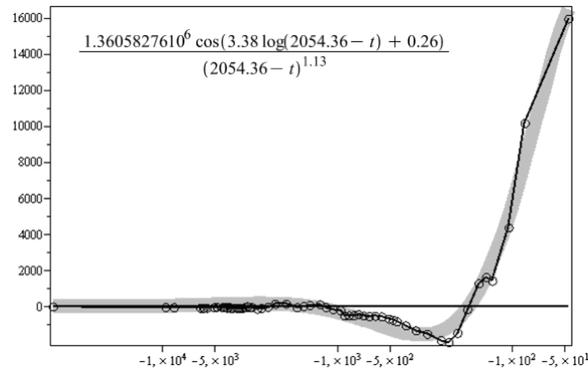


Рис. 31. Колебательная составляющая динамики численности крупнейших поселений мира. Точки – разность между точками и главным (гиперболическим) членом параметризации предыдущего рисунка, плавная линия – колебательный член параметризации предыдущего рисунка. По оси абсцисс – годы в логарифмическом масштабе, отсчитываемые от получившейся точки сингулярности в 1954,36 г.

¹⁷ Выражаем глубокую благодарность А. В. Коротаеву за высланные соответствующие данные (правда, из-за опоски у нас оказалась утерянной точка со значением времени 1800 лет до н. э., которая не использована в оптимизации). Ссылки на первоисточник по ним есть в работе (Коротаев 2006).

Как видно из Рис. 31, колебательная составляющая этой параметризации очень похожа на таковую для народонаселения (ср. с Рис. 3), а показатель степени оказался близок к «-1». Если же вместо Рис. 30 произвести оптимизацию по всем параметрам, которые приведены на рисунке, то показатель степени не изменится (точка сингулярности уменьшится до 2019 г.). Если же показатель степени не оптимизировать, фиксируя на значении «-1» (при этом точку сингулярности и коэффициент сокращения периодов оставить такими же, как на Рис. 31), то соответствующие рисунки для логостепенной параметризации останутся практически такими же, как на Рис. 30, 31 (визуально отличие увидеть будет невозможно).

Напомним, что в (Коротаев 2006) динамика численности населения крупнейших поселений мира параметризовалась квадратичной гиперболой. Это, если исходить из верности (с теоретической точки зрения) логостепенной параметризации Рис. 30, связано с тем, что примерно последние три сотни лет шла повышательная волна логоколебаний (см. Рис. 31), увеличивая скорость роста по отношению к основному гиперболическому члену. В результате, если пользоваться только степенной параметризацией, может сложиться впечатление, что основной тренд для динамики численности крупнейших поселений мира скорее квадратичная гипербола, чем гипербола. Для финансовых рынков неучет логоколебательной составляющей тоже приводит к сильным искажениям параметров степени (Сорнетте 2008).

Таким образом, учет этой составляющей для динамики численности населения крупнейших поселений мира свидетельствует о том, что основной тренд этого роста является скорее гиперболой, чем квадратичной гиперболой, и есть все основания полагать, что колебательная составляющая этой динамики повторяет таковую для динамики народонаселения планеты (с точностью до коэффициента пропорциональности).

Заключение

Использование типичной для описания финансовых рынков формулы (1) в отношении разных показателей, традиционно описываемых гиперболой (например, народонаселение), открывает новую главу в отношении построения прогнозов на будущее и исторического анализа. В частности, наличие типичных закономерностей финансовых рынков в структуре динамики мирового народонаселения позволяет более надежно, на количественной основе, строить исторические периодизации – например, позволяет выделить ряд исторических циклов, примерно таких, которые с той или иной степенью условности известны как верхний палеолит, неолит, Древность, Средневековье и раннее Новое время, «дикий капитализм», постиндустриальное общество. Следующему циклу, судя по всему, будет соответствовать Мир-Система, в которой основным вектором развития станут нанотехнологии.

Схожесть математического описания структуры динамики народонаселения/войн и финансовых рынков позволяет по-новому поставить во-

прос о причине гиперболического роста, в частности роста народонаселения планеты и роста финансовых рынков.

Если ранее явно или неявно рост финансовых рынков связывался исключительно с финансовой системой капиталистического общества (Сорнетте 2008), то наличие в динамике народонаселения (войнах) совершенно таких же закономерностей, что и для финансовых рынков, которые работали даже тогда, когда еще не возникло сельское хозяйство, указывает:

– на гораздо более глубокие причины динамики финансовых рынков, нежели денежные, торговые;

– на то, что упомянутые логоциклические закономерности – всего лишь частный случай реализации каких-то глубоких эволюционных закономерностей, связанных с развитием технологий, что открывает широкие перспективы для теоретических и прикладных исследований.

С другой стороны, то новое, что знание закономерностей финансовой макродинамики может дать для понимания демографических макропроцессов, может состоять в установлении того факта, что демографическая динамика управляется некоторыми очень универсальными законами технологического роста, «подгоняя» под себя народонаселение. Ведь каждому из чуть выше рассмотренных логоциклов на Рис. 2 соответствует своя технологическая революция.

Быть может, в том числе ее свойство пространственного распространения в виде фрактальной структуры, охватывающей все более и более широкие регионы, и определяет особенности структуры демографического роста динамики народонаселения (в частности, фрактальность во времени), которые были рассмотрены в этой статье. Это хорошо согласуется с тем, что фрактальная природа логоколебаний во времени в некоторых работах была объяснена как следствие развития пространственного фрактала (Saleur *et al.* 1996, Sornette, Johansen 1998).

Тот факт, что структура динамики войн повторяет структуру народонаселения, наводит на мысль, что войны по большому счету представляют собой следствие конфликта между старой социально-экономической системой и новой, которая фрактально распространяется из эпицентров роста от цикла к циклу вместе с распространением соответствующих технологий. Это формирует новый подход к пониманию глубоких причин военных конфликтов и открывает возможность для их ближнесрочного и долгосрочного прогнозирования с помощью логостепенных параметризаций, построения адекватных военных доктрин.

Применимость логостепенной закономерности (1) может оказаться гораздо более широкой, чем в рассмотренных выше случаях. И сейчас остается только гадать, сколь широко она распространена в эволюции и в основе сколь многочисленных и плодотворных научных исследований она окажется.

Благодарности

Эта статья вряд ли бы была написана, если бы не многочисленные обсуждения разных эволюционных вопросов, касающихся не только нее,

с С. В. Цирелем и А. В. Коротаевым. Это оказалось крайне необходимым и полезным как для выработки «ключа» статьи, так и для поддержания творческого духа, необходимого для соответствующего анализа. Статья также вряд ли была бы возможной без многочисленных данных или ссылок на них по эволюции самых разных параметров, которые, в частности, позволили ставить ряд обобщающих вопросов и давать ответы, без чего работа тоже оказалась бы невозможной. За все это выражаем С. В. Цирелю и А. В. Коротаеву глубокую признательность.

Библиография

- Гринин Л. Е. 2009.** *Государство и исторический процесс. Политический срез исторического процесса.* М.: КомКнига.
- Капица С. П. 1992.** Математическая модель роста населения мира. *Математическое моделирование* 4/6: 65–79.
- Капица С. П. 1996.** Феноменологическая теория роста населения Земли. *Успехи физических наук* 166/1: 63–80.
- Коротаев А. В. 2006.** Периодизация истории Мир-Системы и математические макромодели социально-исторических процессов. *История и математика: проблемы периодизации исторических макропроцессов* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 116–167. М.: КомКнига/URSS.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2007.** *Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура.* М.: КомКнига/URSS.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2008.** Компактная математическая модель экономического и демографического развития Мир-Системы (1–1973 гг.). *Экономика и математические методы* 44/4: 90–101.
- Кузьмин Я. В., Орлова Л. А., Зенин В. Н., Лбова Л. В., Дементьев В. Н. 2011.** Радиоуглеродное датирование палеолита Сибири и Дальнего Востока России: материалы к каталогу 14С дат (по состоянию на конец 2010 г.). *Stratum plus* 1. URL: http://www.e-anthropology.com/Katalog/Arheologia/STM_DWL_rCzk_3QXTsdTobCVk.aspx.
- Кульбеков Е. Ф. Б. г.** Динамика изменения коэффициента умственного развития студентов в начале XXI века. URL: http://www.pglu.ru/lib/publications/University_Reading/2010/X/uch_2010_X_00033.pdf.
- ООН 2010.** Total Population (Both Sexes Combined) by Major Area, Region and Country, Annually for 1950–2100 (thousands). URL: http://esa.un.org/wpp/Excel-Data/DB02_Stock_Indicators/WPP2010_DB2_F01_TOTAL_POPULATION_BOTH_SEXES.XLS.
- Панов А. Д. 2007.** Масштабная инвариантность социально-биологической эволюции и гипотеза самосогласованного галактического происхождения жизни. *Бюллетень Специальной астрофизической обсерватории*: 60–61, 46–55. URL: <http://w0.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol60-61/p046.pdf>.
- Сорнетте Д. 2008.** *Как предсказывать крахи финансовых рынков. Критические события в сложных финансовых системах.* М.: И-Трейд.

- Список войн. 2013. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Список_войн.
- Цирель С. В. 2008. Заметки об историческом времени и путях исторической эволюции. Ст. I. *История и математика: Модели и теории* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 246–278. М.: ЛКИ/URSS.
- Эффект Флинна. 2013. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Флинна.
- Brown E. H. P., Hopkins S. V. 1956. Seven Centuries of the Prices of Consumables, Compared with Builders' Wage-Rates. *Economica, New Series*. Vol. 23, No. 92 (Nov.), pp. 296–314 (Economica is currently published by The London School of Economics and Political Science). URL: <http://www.hist.umn.edu/~ruggles/hist5011/phelps-brown%20and%20hopkins.pdf>, <http://links.jstor.org/sici?sici=0013-0427%28195611%292%3A23%3A92%3C296%3ASCOTPO%3E2.0.CO%3B2-C>.
- Fischer D. H. Б. г. Анонс книги “The Great Wave: Price Revolution and the Rhythm of History”. URL: <http://csmres.jmu.edu/geollab/fichter/gsl02/2008PowerPoints/29-GreatWave-GG102.pdf>.
- Fischer D. H. 1996. *The Great Wave: Price Revolution and the Rhythm of History*. Oxford: Oxford University Press.
- Foerster H. von, Mora P., Amiot L. 1960. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science* 132: 1291–1295.
- Grinin L., Markov A., & Korotayev A. 2013. On Similarities between Biological and Social Evolutionary Mechanisms: Mathematical Modeling. *Clodynamics: The Journal of Theoretical and Mathematical History* 4/2: 185–228.
- Korotayev A., Malkov A. 2016. A Compact Mathematical Model of the World System Economic and Demographic Growth, 1 CE – 1973 CE. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 10: 200–209.
- Maddison A. 2010. *Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP, 1-2008AD*. URL: http://www.gdpc.net/MADDISON/Historical_Statistics/horizontal-file_02-2010.xls.
- National Statistics. 2014. URL: <http://www.ons.gov.uk>.
- S&P Dow Jones Indices LLC. 2014. URL: <http://research.stlouisfed.org/fred2/series/DJIA/downloaddata>.
- Saleur H., Sammis C. G., Sornette D. 1996. Discrete Scale Invariance, Complex Fractal Dimensions and Log-periodic Fluctuations in Seismicity. *J. Geophys. Res.* 101: 17661–17677. URL: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/9707012>.
- Sornette D., Johansen A. 1998. A Hierarchical Model of Financial Crashes. *Physica A* 261(3–4): 351–358.
- Teasdale T. W., Owen D. R. 2005. A Long-term Rise and Recent Decline in Intelligence Test Performance: The Flynn Effect in Reverse. *Personality and Individual Differences* 39(4): 837–843. URL: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.paid.2005.01.029>.
- U.S. Department of Labor. 2014. *Bureau of Labor Statistics*. URL: <http://research.stlouisfed.org/fred2/series/PPIIDC?rid=46&soid=22>.
- Woodley M. A., te Nijenhuis J., Murphy R. 2013. *Were the Victorians Cleverer than Us? The Decline in General Intelligence Estimated from a Meta-analysis of the Slowing of Simple Reaction Time. Intelligence*. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2013.04.006>.
- Yan W., Woodard R., Sornette D. 2011. *Diagnosis and Prediction of Market Rebounds in Financial Markets*. URL: <http://arxiv.org/abs/1003.5926>.