

## Кондратьевские циклы и цикличность эффективности экономической политики

С. В. Цирель

*В статье анализируется влияние циклических процессов на изменение мирового ВВП в течение последних полутора веков. Проводится спектральный анализ рядов прироста ВВП. С помощью специального метода, предложенного автором, вычисляется значимость влияния кондратьевских волн на рост мирового ВВП с учетом внутренней коррелированности анализируемых рядов. Полученная оценка значимости (4–5 %) впервые показывает достаточно высокую достоверность существования кондратьевских волн. В то же время их происхождение и связь со сменой поколений остаются проблемами, которые еще предстоит решить. На основании спектрального анализа автор приходит к выводу, что в настоящий момент еще не закончилась повышательная фаза пятой К-волны, а причины мирового кризиса заключаются в первую очередь в неправильной экономической политике, в перестимулированности мировой экономики. Также изучается эффективность экономической политики в течение различных фаз циклов Кондратьева. Исходя из мировой статистики последних десятилетий, автор приходит к выводу, что эффективность вмешательства государства в экономические процессы носит колебательный характер. На основании проведенных исследований даются некоторые прогнозы развития мировой экономики в ближайшие 10–15 лет.*

**Ключевые слова:** кондратьевские волны, ВВП, циклы, поколения, спектр, значимость, прогноз, роботизация, стимуляция экономики, государственные расходы, мировой кризис, неокейнсианская политика.

Вопрос циклов – это больной вопрос экономической науки современного мира. В традиционной экономике цикличность была заложена как в саму природу социально-экономической системы, так и в сознание людей. Даже представление о времени традиционного общества, как правило, циклично. Можно указать, помимо смен правителей, по меньшей мере четыре источника цикличности.

*Кондратьевские волны: аспекты и перспективы 2012 189–221*

Первый – это мальтузианский механизм перенаселения, обусловленный большей скоростью роста населения по сравнению с ростом производства продуктов питания. Естественно, в какие-то моменты (благоприятные климатические флуктуации, распашка новых земель и т. д.) это соотношение могло меняться, но в большей части мира этот источник цикличности существовал до XX в. (Мальтус 1993; Komlos, Artzrouni 1990; Неведов 2003; 2005; Коротаев, Малков, Халтурина 2005 и др.).

Второй источник, дополняющий первый, отмечен Дж. Голдстоуном. Он заключается в более быстром росте численности элиты, нежели простолюдинов, как за счет ее более быстрого естественного прироста, так и за счет возвышения успешных простолюдинов (Goldstone 1991; Турчин 2007; Turchin, Nefedov 2009), ведущей к снижению благосостояния и положения элит и появлению контрэлит, ориентированных на коренную перестройку или даже разрушение существующей власти. Особенно ярко это проявлялось в странах с распространенной полигамией (Коротаев 2006) и было малохарактерно для Китая, где существовал институциональный путь движения вниз по социальной лестнице, а значительная часть элиты состояла из евнухов.

Третий источник – это сама жесткость традиционных обществ, формально не приемлющих и отторгающих изменения (Tsirel 2004). Естественно, и сама жизнь, и правители-реформаторы в той или иной степени меняли законы и обычаи, но изменения нередко отторгались обществом, причем их успешное введение, как правило, требовало представления новшеств как реставрации неких древних правильных законов и обычаев, забытых ныне.

Четвертый источник – это циклы поколений (длиной в одно или два поколения в зависимости от жесткости системы), порождаемые какими-либо важными событиями, формирующими новое поколение, выделяющееся из предыдущих (Wilkinson, Tsirel 2005).

Как рыночная экономика, так и либерально-демократическое политическое устройство отличаются от традиционного гораздо большими возможностями адаптации к переменам. Идеализированные классические модели конкурентной рыночной экономики, равно как и идеализированные модели политической конкуренции развитой демократии, непосредственного места для циклов не оставляют, и в идеале цикличность не должна быть свойственна для общества, быстро адаптирующегося к изменениям.

Тем не менее динамика реальной рыночной экономики последних веков носит резко выраженный циклический характер. Наиболее ярко проявляются циклы экономической конъюнктуры (иными словами, деловые циклы, или циклы Жюгляра), повторяющиеся через 6–9 лет (точнее, длина периода варьирует в диапазоне от 2–3 до 10–12 лет).

Здесь надо оговорить разницу между циклическими и периодически процессами. В настоящей статье под циклическими процессами пони-

маются процессы, состоящие из повторяющихся последовательностей стадий, причем длительность одного полного набора стадий, то есть цикла, варьирует не более чем на полпорядка, то есть менее чем в три-четыре раза. Под периодическими процессами понимаются циклические процессы, длительность которых приблизительно постоянна и может быть уловлена с помощью каких-либо формализованных подходов типа спектрального анализа или методом наложения эпох.

Циклы Жюгляра по этой классификации хотя и приближаются к периодическим, но все же правильнее относить их к просто циклическим процессам. В то же время само их появление и механизмы действия, как уже упоминалось, весьма проблематичны.

Перечислим лишь некоторые подходы к их объяснению (Самуэльсон, Нордхаус 2009; Видяпин и др. 2008; Гринин, Коротаев, Цирель 2011):

- неэластичность заработной платы (или цен);
- неполная рациональность (в первую очередь продолжение активного инвестирования, когда спрос уже прекращает расти);
- неверная политика государства (в первую очередь чрезмерная стимуляция экономики) или просто слишком активное вмешательство в экономику;
- внешние (по отношению к экономике) события, для адаптации к которым рыночному механизму нужно значительное время;
- появление (или, наоборот, длительное отсутствие) крупных инноваций, повлекших за собой поток более мелких, а порой сопоставимых по значимости нововведений;
- стохастическая составляющая самих рыночных процессов.

Это далеко не полный перечень, но уже он наглядно показывает, насколько проблематичны циклы для основных теорий функционирования рыночной экономики.

Еще более проблематичны длинные волны или циклы Кондратьева (Кондратьев 2002). В первую очередь, в отличие от деловых циклов, сам вопрос их существования вызывает сомнения у многих экономистов (см., например: Rothbard 1984). Методы, которыми пользовался сам Кондратьев и многие его последователи, математически плохо обоснованы, а исследуемый отрезок времени содержит слишком мало полных циклов. В то же время (это можно трактовать и как преимущество, и как недостаток) сами циклы проявляются весьма разнообразно – в колебаниях соотношений цен, количестве инноваций, силе и частоте деловых циклов, отношении цены золота к цене товаров и т. д. Причем в разные времена с разной силой проявлялись различные признаки. Во времена самого Кондратьева на первый план выходили ценовые показатели, а в настоящее время – скорость роста ВВП и глубина кризисов Жюгляра.

В результате создалась ситуация, при которой политологи, социологи, некоторые экономисты и другие обществоведы строят расчеты, модели,

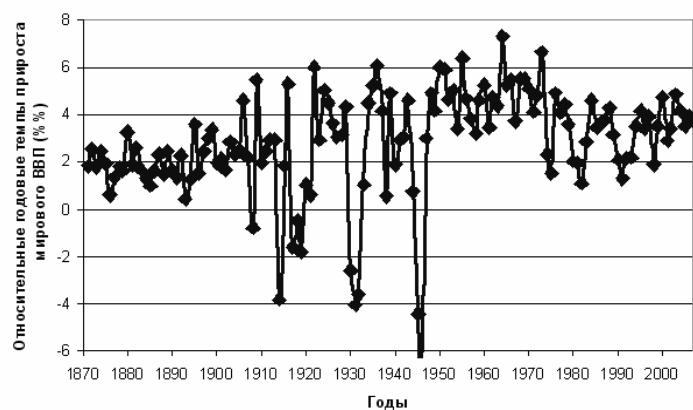
прогнозы, исходя из кондратьевских циклов (во всем мире и особенно в России), а значительная часть экономистов сомневается в их существовании или вовсе их отрицает. Ситуация осложняется еще и тем, что циклы Кондратьева в отличие от циклов Жюгляра близки к истинно периодическим процессам, длительность одного цикла составляет в среднем от 45 до 60 лет и практически не выходит за эти пределы. Это явно указывает на непонятную до конца связь циклов Кондратьева с поколениями людей, ибо вряд ли можно найти другие источники столь выдержанных по длительности циклов, тем более столь близких к средней длительности двух смен поколений (см., например: Devezas 2001; Devezas, Corredine 2002). Однако ярко выраженные поколения, как правило, формируются после крупных политических событий и перемен (в первую очередь войн и революций) и через полвека-век полностью размываются. Циклы Кондратьева в отличие от этих вполне реальных поколений соблюдают достаточно строгую периодичность в течение как минимум двух веков подряд и, как мы увидим в дальнейшем, весьма нетривиальным образом отзываются на мировые войны.

В то же время многочисленные попытки обнаружить циклы Кондратьева в рядах обобщенных экономических показателей с помощью спектрального анализа не имели явного успеха. Не будем останавливаться на всех проблемах этих попыток, отметим лишь, что весьма существенные вариации мирового ВВП в первой половине XX в. перекрывали другие процессы. Р. Мец (Metz 1992) исключил годы мировых войн и обнаружил не очень значимый след длинных циклов, однако впоследствии сам усомнился в своих результатах (*Idem* 2006).

Анализ мирового ВВП за достаточно длительный период существенно облегчился с появлением работ А. Мэддисона (Maddison 2001; 2003; 2009). Нельзя сказать, чтобы все оценки Мэддисона вызывали доверие, в частности, на наш взгляд, он явно занижает ВВП Китая и других стран Востока в доколониальный период, и, по-видимому, оценки П. Бэрока (Baïroch 1993) более адекватны. Тем не менее это лишь попутное замечание, наличие почти общепринятых исторических оценок ВВП дает возможность проводить дальнейшие вычисления. На Рис. 1 и 2 представлены соответственно исходная кривая роста мирового ВВП в 1871–2008 гг., построенная А. В. Коротаевым (Korotayev, Tsirel 2010), и спектры временных рядов прироста мирового ВВП, рассмотренные безо всяких изъятий (1) и с исключением периода мировых войн (2).

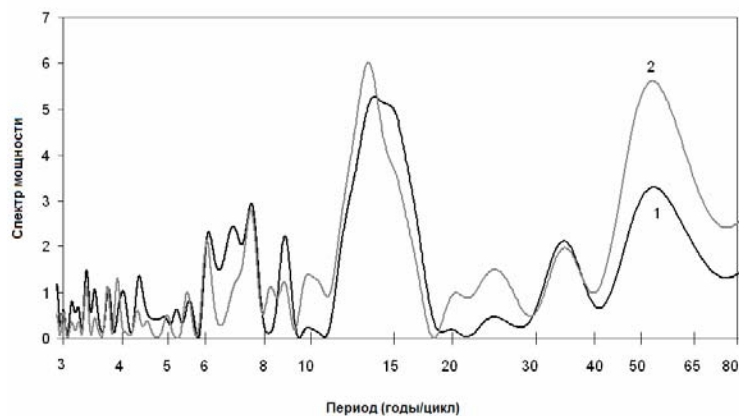
Как легко заметить, на обоих спектрах (Рис. 2) отчетливо выделяется кондратьевский цикл (период примерно равен 52–53 годам), но еще более отчетливо виден цикл с периодом в 13–17 лет. В одной из работ, посвященных спектральному анализу экономической динамики (Diebolt, Doliger 2006), эта волна была предположительно отождествлена с циклами Кузнеца, длительность которых составляет 15–17 лет. Однако примерно такие же интервалы времени наблюдаются между началом Первой мировой войны и Великой депрессией или между Великой депрессией и началом Второй мировой войны, с которыми связаны наибольшие ва-

риации на Рис. 1. Поэтому вторым возможным источником подобных циклов могут быть большие вариации мирового ВВП в военные и межвоенные годы.



**Рис. 1.** Динамика темпов относительного годового прироста мирового ВВП, 1871–2007 гг.

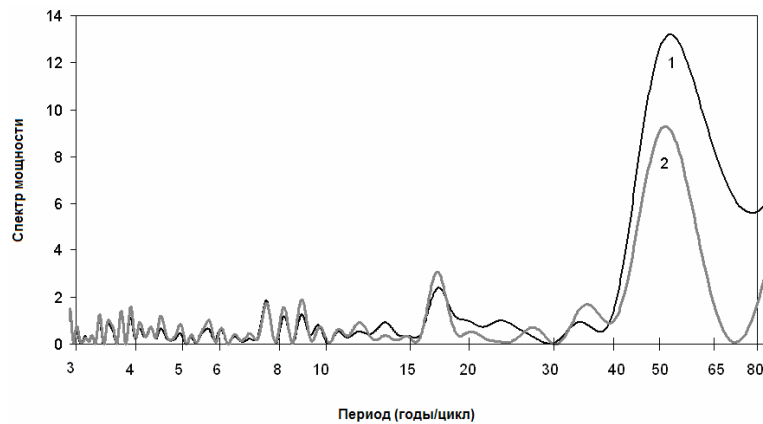
*Источники:* Работы А. Мэддисона и данные World Bank 2012.



**Рис. 2.** Спектры мощности исходного ряда (1) и ряда со скорректированными значениями во время мировых войн (2)

Для проверки источника циклов длительностью 13–15 лет и полного устранения больших вариаций роста мирового ВВП в военные и межвоенные годы на следующем этапе исследований значения в течение всего

периода с 1914 по 1946 г. были заменены на средние значения (1,5 % в год). Второй вариант корректировки ряда был еще более радикальным – значения за 1914–1946 гг. были заменены на средние значения в течение всего изучаемого периода (1871–2007 гг.), составляющие 3,2 %, то есть фактически значения прироста ВВП в военные и межвоенные годы были исключены из спектрального анализа. Результаты расчетов представлены на Рис. 3.

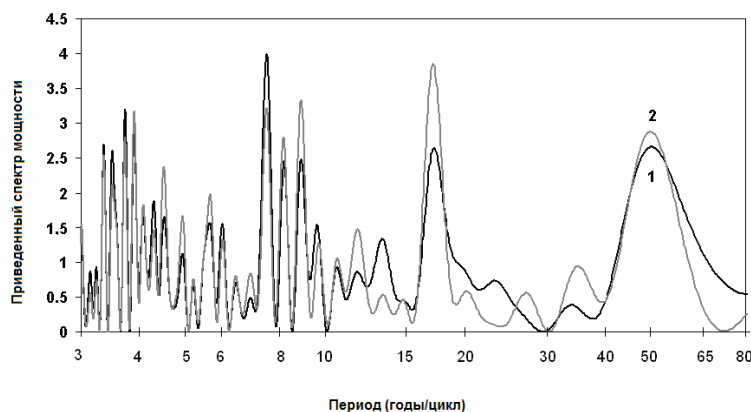


**Рис. 3.** Спектры мощности для рядов с исключенными значениями в течение 1914–1946 гг. (1 – замена на средние значения 1914–1946 гг., 2 – замена на средние значения всего ряда)

В спектрах скорректированных рядов решительно доминирует кондратьевский цикл и отчетливо виден цикл длительностью 17–18 лет (предположительно третья гармоника кондратьевского цикла). Второй пик, который отчетливо виден на предыдущем рисунке, полностью исчез, что, на наш взгляд, ясно указывает на его происхождение.

Временной ряд приростов мирового ВВП, естественно, имеет внутренние корреляции, и производить оценку значимости компоненты спектра, выбрав белый шум в качестве нулевой гипотезы, было бы некорректно. Поэтому был применен специальный метод, когда в качестве базового предположения использовалась сумма белого и красного шумов, параметры которой определялись методом максимального правдоподобия. В результате этой процедуры строился приведенный ряд, с которым уже можно было обращаться по традиционным правилам (Рис. 4).

Первая основная гармоника кондратьевского цикла имеет амплитуду около 3, что приблизительно соответствует значимости 6–7 %, что безусловно выделяет ее из общего ряда амплитуд приведенного спектра, но все же не дает права уверенно утверждать о существовании периодической компоненты с периодом  $52 \pm 0,5$  года.



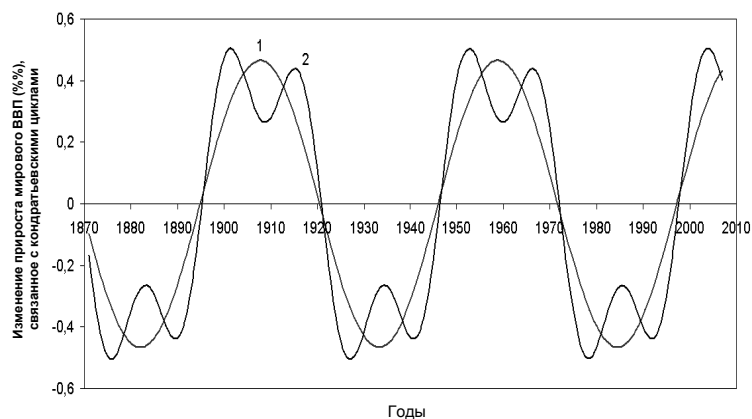
**Рис. 4.** Приведенные спектры для спектров 1 и 2 Рис. 3

Утроенный период следующего пика на спектре ( $17,2 - 17,3 \times 3 = 51,6 - 51,9$  лет) с большой точностью совпадает с периодом кондратьевской волны (расхождение не превышает 1 %), что, на наш взгляд, позволяет с высокой степенью уверенности считать эту волну третьей гармоникой кондратьевских волн. Альтернативное объяснение, связывающее данную гармонику с циклами Кузнеца, требует, во-первых, большой регулярности этих циклов и, во-вторых, тесной связи с циклами Кондратьева – ровно 3 цикла Кузнеца на одну кондратьевскую волну. При этих допущениях циклы Кузнеца теряют самостоятельное значение, и различие между альтернативами становится чисто номинальным. Поэтому, предполагая тесную связь между обсуждаемыми гармониками, можно оценить их совместную значимость, полученные значения находятся в диапазоне 4–5 %. Эти числа и характеризуют степень нашей уверенности в возможности вычленивать с помощью спектрального анализа кондратьевские волны, исследуя ряд наблюдений с продолжительностью, не превосходящей длины трех циклов. В целом можно сказать, что проведенный спектральный анализ динамики мирового ВВП позволил выделить в ней кондратьевские волны на невысоком, но все же приемлемом уровне статистической достоверности.

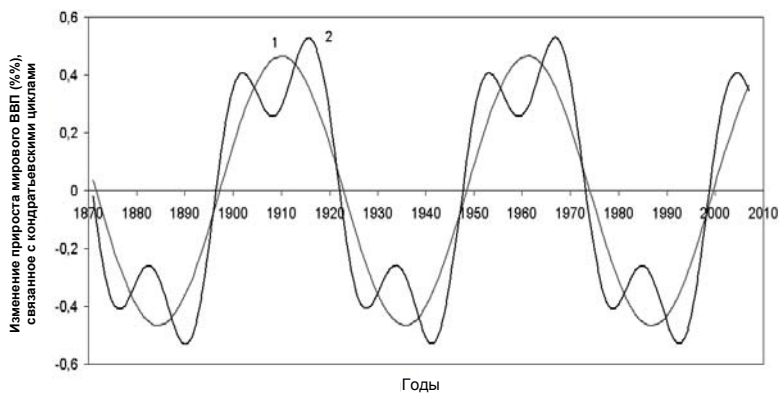
Исследования, проведенные А. В. Коротаевым (Korotayev, Tsirel 2010), показали, что для основных стран ядра Мир-Системы волны Кондратьева можно проследить с начала XIX в., но в странах периферии и даже многих странах полупериферии динамика кондратьевских волн в ту эпоху еще не прослеживалась (см. об этом в статье А. В. Коротаева, Л. Е. Гринина «Кондратьевские волны в мир-системной перспективе» в настоящем альманахе).

Весьма любопытно посмотреть на форму выделенных с помощью спектрального анализа кондратьевских волн. На Рис. 5 и 6 представлены первая гармоника (кривая 1) и сумма первой и третьей гармоник (кривая 2) соответственно для замены значений военных и межвоенных лет на сред-

ние значения тех лет и всего ряда. Как легко видеть, данная картина имеет немалое сходство с известной идеализированной схемой колебаний оптовых цен в течение цикла Кондратьева (см. Рис. 7).

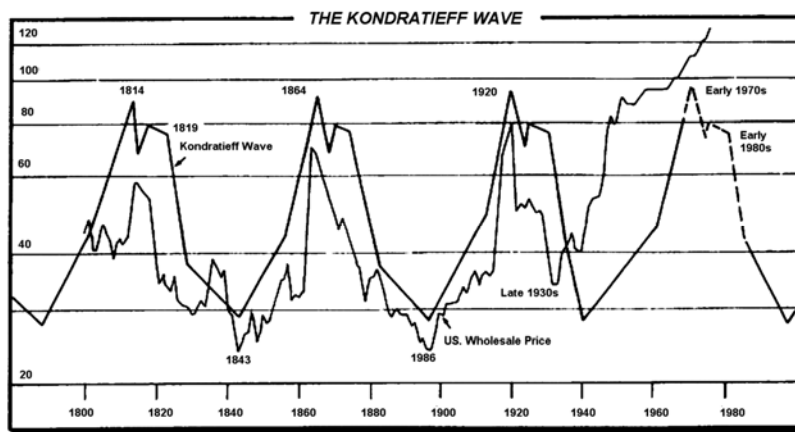


**Рис. 5.** Вид кондратьевских волн, реконструированный с помощью спектрального анализа: первая гармоника (кривая 1) и сумма первой и третьей гармоник (кривая 2) для ряда с заменой значений военных и межвоенных лет на средние значения 1914–1946 гг.



**Рис. 6.** Вид кондратьевских волн, реконструированный с помощью спектрального анализа: первая гармоника (кривая 1) и сумма первой и третьей гармоник (кривая 2) для ряда с заменой значений военных и межвоенных лет на средние значения всего ряда (1871–2007 гг.)



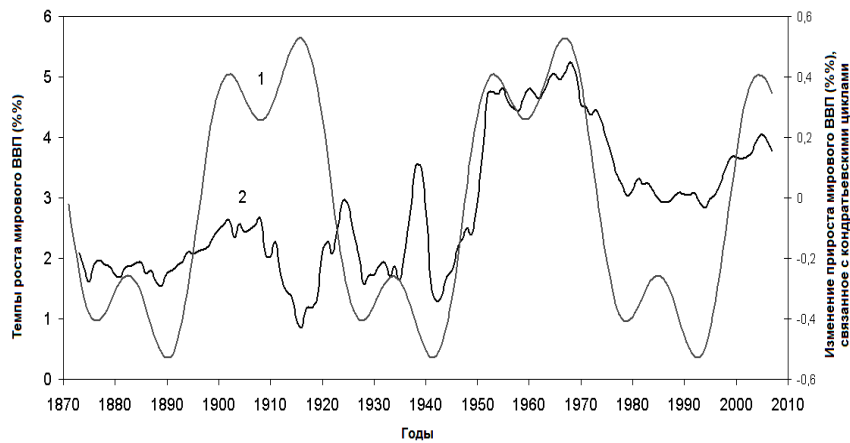


**Рис. 7.** Кондратьевские волны и американские оптовые цены

*Источник:* Dickson 1983: 935.

В то же время сопоставление этих фигур выявляет не только сходство, но и существенные различия. Различия между колебаниями цен и колебаниями добавочной (циклической) величины годового роста ВВП включают в себя, во-первых, сдвиг по фазе – двойной пик оптовых цен находится в начале понижательной волны, а двойной пик роста ВВП – на повышательной волне, и, во-вторых, различия по своей ширине – сдвоенный ценовой пик охватывает не более 15–20 % длительности цикла, а сдвоенный пик роста ВВП – половину длительности цикла. Но несмотря на указанные различия, сходство все же весьма велико и требует более внимательного изучения.

При анализе прошлого в пользу подобной формы влияния кондратьевских волн на экономический рост существуют достаточно веские аргументы. Как показывает сравнение построенной волны со сглаженными значениями ряда годовых индексов роста ВВП (Рис. 8), между ними наблюдается явная аналогия в послевоенные годы, менее отчетливая аналогия – в годы до Первой мировой войны. Существенные расхождения охватывают лишь военные и межвоенные годы, которые были исключены при спектральном анализе. Впрочем, если предположить, что Первая мировая война отодвинула вторую часть повышательной волны третьего кондратьевского цикла, а в течение 1920–1940-х гг. шло возвращение к прежнему расписанию фаз, то и расхождение в течение этих лет получает свое толкование (Гринин, Коротаев, Цирель 2011). Причины, по которым Вторая мировая война в отличие от Первой не нарушила расписания фаз, а, наоборот, скорее способствовала их восстановлению, требуют особых изысканий, выходящих за рамки настоящей статьи.



**Рис. 8.** Сопоставление построенной кондратьевской волны со сглаженным рядом значений роста ВВП

Также и сама загадка столь выраженной периодичности кондратьевских волн остается неразгаданной. Мы не можем назвать основную причину сохранения равенства длины цикла чередования спадов и подъема длительности чередования двух поколений не только в соответствии, но и вопреки важнейшим мировым событиям. Рабочая гипотеза состоит в том, что скорее совокупное действие различных факторов, так или иначе связанных с динамикой смены поколений (интересы, изобретения, инвестиции, цены и т. д.), чем какой-либо один фактор, определило устойчивость кондратьевских волн в течение двух последних веков. Естественно, волны, связанные с чередованием поколений, с течением времени размываются. Поэтому важное значение для их сохранения может также иметь противоположный процесс. «Горючий материал» (в данном случае это нереализованные изобретения и инновации, организационные новшества, неудовлетворенные сегменты спроса и т. д.) в течение понижательной фазы накапливается и реализуется при подъеме после какого-либо очередного кризиса, расчистившего экономическое поле (или, вероятно, открывшего новые возможности с помощью изменений в законодательстве), порождая новую волну, восстанавливающую угасающий циклический процесс. Иными словами, столь высокая устойчивость кондратьевских волн – это скорее случайный феномен, чем закономерность, и нельзя исключить сбоя или даже прекращения их действия в ближайший век.

Однако обращая взор в прошлое и настоящее, нельзя не отметить, что полученная картина не только показывает устойчивость и постоянство длительности кондратьевских волн, но также приятно удивляет своим опти-

мизмом по отношению к текущему мировому экономическому кризису. Вопреки широко распространенному взгляду на кризис как на переход к нисходящей фазе пятой кондратьевской волны, согласно Рис. 5 и 6 нынешний кризис является лишь временным спадом между двумя пиками повышательной волны, причем следующий подъем может даже превзойти предыдущий. Экстраполируя кривые 2 на Рис. 5 и 6, мы получаем прогноз, согласно которому новый подъем начнется в 2013–2014 гг. или даже в этом году и достигнет максимальной точки около 2020 г. Наблюдающийся кризис ЕС, медленное и неустойчивое восстановление в США, снижение темпов роста в Китае делают такое предположение по меньшей мере чересчур оптимистическим.

Поэтому рассмотрим несколько альтернативных вариантов.

**Альтернатива 1.** Циклы сбились или даже вообще прекратились. В этом случае рассматриваемые в статье кондратьевские волны никак не помогут оценке ситуации и прогнозу развития событий, поэтому мы не будем подробно анализировать эту альтернативу.

**Альтернатива 2.** В соответствии с гипотезой В. И. Пантина и В. В. Лапкина (2006: 300–303) длина циклов сокращается, что не улавливает спектральный анализ. Действительно, данная гипотеза лучше всего отвечает совокупности данных XX в. Если четвертая волна имела длительность (1984–1991 гг. – 1939–1950 гг.)  $\approx 40$ –45 лет, тогда продолжительность восходящей фазы пятой волны (2008 – 1984–1991 гг.)  $\approx 17$ –24 лет не должна никого удивлять. Но хорошо описывая длительность последних кондратьевских волн, данная гипотеза никак не может ответить на ряд очень важных вопросов: почему первые три волны в отличие от последующих имели примерно постоянную длительность? Почему их длительность была столь близка к длительности чередования двух поколений? Почему сила и слабость волн (умеренно-сильная третья повышательная волна, мощнейшая четвертая волна и слабая пятая волна – см. Рис. 8) не влияют на процесс сокращения их длительности?

В силу этих причин мы не будем рассматривать данную гипотезу как основную.

**Альтернатива 3.** Переход («перескок») с длительности в два поколения на длительность в одно поколение.

Как отмечалось в наших работах (Wilkinson, Tsirel 2005; Цирель 2007), жесткая конкуренция, ниспровергающая и уничтожающая проигравших, порождает классические триады «отцы – дети – внуки», убедительные примеры проявления этого цикла во время смут показаны в книге П. В. Турчина (Turchin 2003). Более мягкая конкуренция, оставляющая проигравшим возможности реванша, порождает более короткие циклы длиной в одно поколение (или даже полпоколения). Другой хорошей иллю-

страцией этой закономерности до последнего времени служили длинные кондратьевские волны в экономической жизни США с ее жесткой конкуренцией и более короткие (в среднем 30-летние) политические циклы. Можно предположить, что государственное регулирование, снижающее жесткость конкуренции (хороший пример – это ставшее классическим *too big to fail*), привело к «перескоку» цикла с одного поколения на два.

**Альтернатива 4.** Обсуждавшееся выше продолжение пятой волны, особенность которого заключалась в том, что в данном цикле необычно ярко выражена двугорбая структура пика и срединный кризис повышательной волны особенно глубок.

При рассмотрении структуры графика роста ВВП альтернативы 3 и 4 в настоящее время (даже в обозримом будущем) различить практически невозможно. Выбрать одну из двух альтернатив поможет только анализ структуры будущих шестой и седьмой волн, когда они случатся.

Но к этому вопросу можно подойти и с другой стороны, со стороны технологического подхода с элементами шумпетерианского. Поэтому зададимся вопросом, какие именно технологические новшества послужат двигателем экономики. Естественно, у меня (как и у любого другого человека) нет ясного ответа на этот вопрос. Прогнозируемая многими новая волна, основанная на нано-, био- и когнитотехнологиях, весьма сомнительна в самое ближайшее время. Поэтому остается надеяться на хвост предшествующей ИСТ-волны, но пока текущие новшества (смартфоны, планшеты и даже мифический Web 3.0) мало похожи на новый мотор экономического роста.

Некоторые надежды могут быть связаны еще и с началом массового выпуска электро- и гибридных автомобилей большей частью ведущих автомобильных фирм мира (и вообще новых устройств для накопления энергии – аккумуляторов, суперконденсаторов и др.). Если эта линия трансформации индустриального мира получит развитие, то впервые в Новое время мы будем иметь экономический рост, основанный не на максимизации личной оценки полезности, а на максимизации морального удовлетворения от поведения, правильного с экологической (энергетической, моральной, ...) точки зрения. При этом все же более вероятным нам представляется сценарий с продолжением роста, но падением его темпов (Рис. 6).

Однако все эти предполагаемые новшества по своей природе достаточно далеки от средств ИСТ, которые были мотором последней повышательной волны, и при отсутствии синхронизации с развитием ПК, сотовых телефонов и Интернета более похожи на некую новую волну, чем на продолжение прошедшей (текущей?). Единственным эффективным продолжением именно пятой волны является автоматизация и роботизация производства (Цирель 2011; Зотин 2012). Как нетрудно понять, широкое рас-

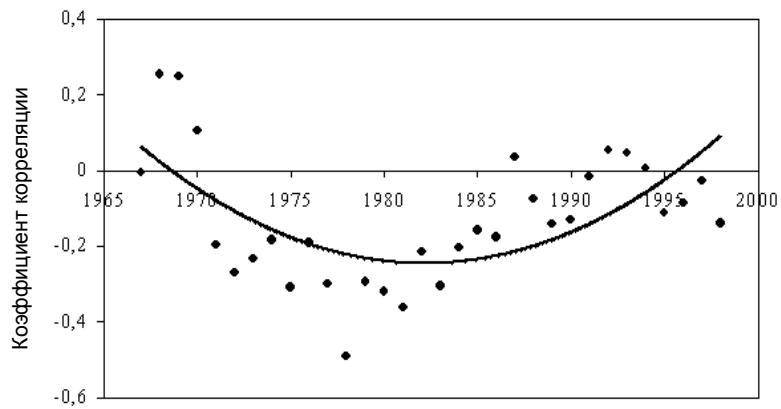
пространение роботов будет губительным для экономик развивающихся стран, но может дать сильный импульс экономикам развитых стран. Однако все же трудно ожидать, что связанные с этим перемены развернутся в нынешнем, а не в следующем десятилетии (или даже позднее).

Иная мыслимая перспектива – это возможности такой экономической политики, которая обеспечит условия для экономического роста. Вопреки распространенным мнениям корреляции роста ВВП с объемом вмешательства государства, а также с уровнем социального расслоения имеют колебательный характер (Цирель 2007а).

В 50-е и 60-е гг., в течение предыдущего кондратьевского цикла, наибольший рост, как принято считать, приносила кейнсианская политика вмешательства в экономический процесс. К сожалению, уверенно об этом говорить сложно, полные данные о 50-х гг. отсутствуют, а для 60-х и последующих лет даже в базе данных Всемирного банка указаны не полные государственные расходы, а лишь расходы центральных правительств. Однако полагая, что отношение расходов центральных правительств к совокупным государственным расходам является более или менее постоянной величиной, на основании этих данных можно проследить, как менялось влияние доли государственных расходов на экономический рост. На Рис. 9 представлены коэффициенты корреляции между этими двумя величинами, причем для сокращения влияния краткосрочных факторов при вычислении коэффициентов корреляции использовались скользящие средние по пятилетним интервалам.

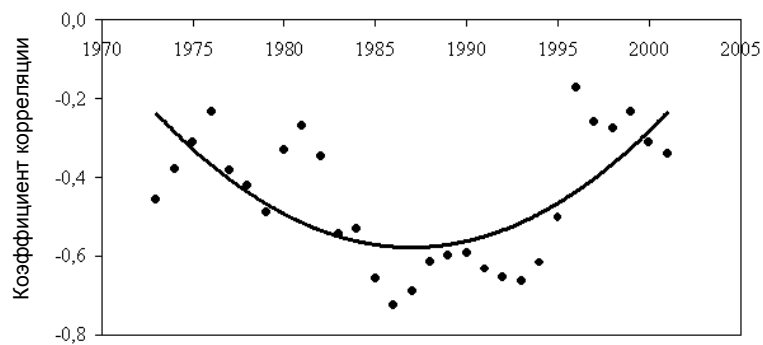
Более полную картину можно получить по странам ОЭСР, где известны суммарные государственные расходы, а прочие формы государственного участия в экономике менее распространены, чем в странах с низкими значениями душевого ВВП. На Рис. 10 представлены изменения коэффициентов корреляции между ростом ВВП и долей государственных расходов в странах ОЭСР за последние 30 лет. Легко заметить, что коэффициенты корреляции также существенно варьируют год от года, но тем не менее на этом фоне ясно вырисовывается сходная картина – «корытообразный» характер кривой, усиление отрицательной корреляции в 80-е гг., а затем значительное ее снижение.

Таким образом, корреляции размеров государственного вмешательства в экономические процессы и роста ВВП носят колебательный характер. В конце повышательной фазы предыдущей кондратьевской волны в течение 60-х – начале 70-х гг. преобладало положительное влияние государства, в конце 70-х – 80-е гг. тенденция изменилась, и к середине 80-х гг. снижение государственных расходов и приватизация государственной собственности стали основными способами повышения эффективности экономик и ускорения экономического роста.



**Рис. 9.** Изменения коэффициента корреляции роста ВВП на душу населения и отношения государственных расходов к ВВП

*Источники:* OECD Economic Outlook Database 2004, расчеты автора.



**Рис. 10.** Изменения коэффициента корреляции роста ВВП на душу населения и отношения государственных расходов к ВВП в странах ОЭСР

*Источники:* World Bank, World Development Indicators, расчеты автора.

На наш взгляд, случайное или неслучайное совпадение перестройки в СССР и начала строительства рыночной экономики в России с периодом господства данной тенденции и данного взгляда на правильный выбор экономической политики во многом определило ход экономических преобразований. Однако с середины 90-х гг., то есть с новой повышательной фа-

зой, произошло изменение тенденции – зависимость экономического роста от сокращения государственных расходов существенно ослабела, а в странах, сопоставимых с Россией по уровню экономического развития, вовсе исчезла. Таким образом, экономическая политика, проводимая в России в 90-е гг., уже запаздывала по сравнению с мировыми тенденциями.

В некотором смысле повторение ситуации запаздывания явилось одной из основных причин нынешнего экономического кризиса. Научно-политическая мода («Вашингтонский консенсус» и особенно упрощенные вариации на эту тему) до самых последних дней по-прежнему рекомендовала экономическую политику государства, основанную на минимизации непосредственного государственного вмешательства и в то же время стимулировании экономики дешевыми деньгами. Эта политика велась ведущими странами в течение всего последнего кондратьевского цикла, несмотря на то, что многие экзогенные факторы сами оказывали стимулирующее влияние на экономику. Таким образом, в разгар повышательной волны на экономику стимулирующее влияние оказывали в дополнение к новым продуктам весьма разнообразные факторы, мы имеем в виду в первую очередь:

- дешевый (и притом, как правило, высокоинтенсивный) труд, который во все возрастающих объемах поставляли на мировой рынок Китай, Индия и другие страны Восточной и Юго-Восточной Азии, не забывая взамен адекватной доли мирового производства товаров и услуг;

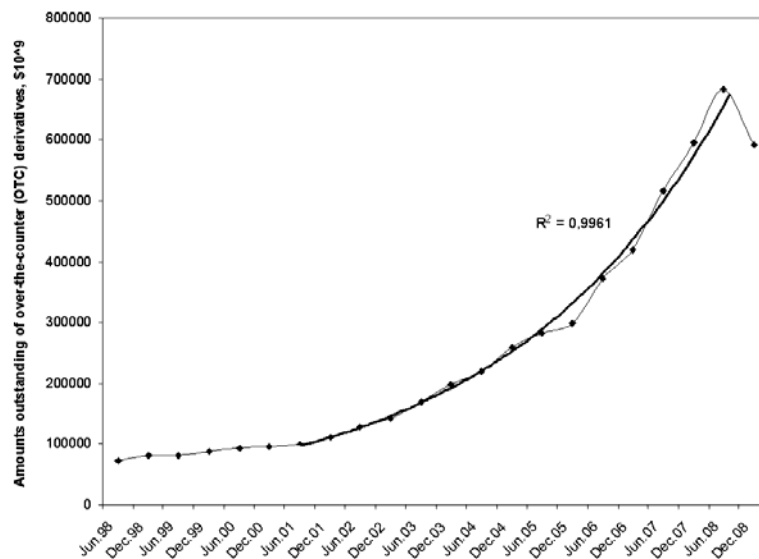
- низкие (а в последние годы даже сверхнизкие) учетные ставки, устанавливавшиеся главой ФРС А. Гринспеном и его преемником Б. Бернанке, а также немногим более высокие учетные ставки ведущих стран ЕС, вынужденных придерживаться примерно этого же курса;

- очень низкие ставки кредитования для корпораций и рядовых граждан, порой похожие на подкуп потребителей за счет будущих поколений;

- различные деривативы, снижающие страховые риски, рост номинальной ценности которых, как показали наши расчеты, происходил в начале этого десятилетия с устрашающей экспоненциальной скоростью (Рис. 11).

Явной формой стимуляции инвестиционной деятельности была отмена в 1999 г. «Banking Act of 1933» («Glass-Steagall Act»), произведенная под давлением демократа Б. Клинтона смешанным составом Конгресса. Именно этот акт, запрещавший банкам непосредственно заниматься инвестиционной деятельностью, был одной из важных мер сдерживания спекулятивной горячки, предложенной Ф. Д. Рузвельтом в период Великой депрессии. Другим не менее разрушительным актом, породившим «пузырь» на рынке жилья и ипотечный кризис, была реформа ипотеки, принятая Б. Клинтон в 1997 г. (Smith 2007). Надо отметить, что эти но-

вовведения Клинтона не только не были отменены республиканскими администрациями и республиканским Конгрессом, но, напротив, всячески развиты и продолжены. Практически каждый новый закон и новое решение ФРС облегчали доступ к ипотечным и потребительским кредитам. В конечном счете они стали доступны людям, практически неспособным отдать даже тело долга.



**Рис. 11.** Экспоненциальный рост номинальной стоимости деривативов в 2000-е гг.

Источник: BIS 2008.

Конечный результат недальновидной политики можно представить следующим образом:

- рост количества активных потребителей (не только представителей так называемого «золотого миллиарда», но и обеспеченных слоев более бедных стран) отстал от роста производства товаров и услуг;
- рост доходов каждого активного потребителя (если не считать верхних 10–20 % жителей богатых стран) отстал не только от роста количества товаров в мире, но и от роста производства и импорта товаров и услуг в собственной стране; недостающие доходы компенсировались рискованными кредитами (люди, которые могли бы получить эти деньги как зарплату и доходы, были вынуждены получать дешевые и плохо обеспеченные кредиты);



– рост производительности труда и принципиально расширившийся мировой рынок труда не получили адекватного выражения в виде роста количества потребителей;

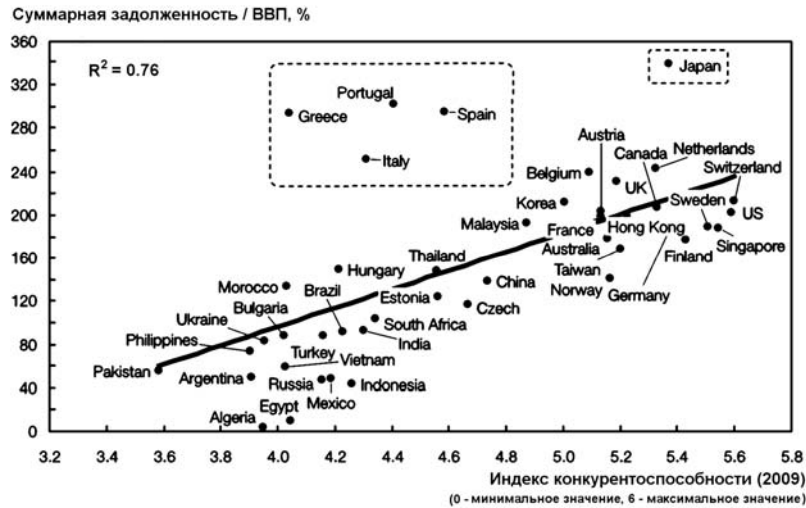
– частично компенсация недостаточного потребления наиболее бедной части населения в развитых странах и, главное, большей части населения в малоразвитых странах компенсировалась искусственно подогретым (с помощью рекламы и дешевых кредитов) потреблением в богатых и сырьевых странах.

Дисбаланс между спросом и предложением, заполнение вакуума виртуальными квазиденьгами и займами у будущего нельзя назвать очередным или принципиально новым провалом рынка. Неготовность к новой ситуации в сочетании с неразумным использованием расширившегося спектра способов стимулирования спроса демонстрировали и рыночные агенты, и государства, и слабеющие международные организации, менее всего готовые к роли регулятора усложнившегося мира.

Для того чтобы понять причины столь неэффективного (и в целом опасного) сверхстимулирования рынка, вероятно, надо обратиться к 1970-м – 1980-м гг., ко времени понижательной фазы предыдущей волны. Тяжелые времена сырьевого кризиса, стагфляции, охватившей развитые страны, потеря эффективности прежних кейнсианских рецептов в сочетании с мнимыми успехами враждебного советского лагеря и реальной угрозой мировой войны (ныне прочно забытой) заставляли западных политиков и экономистов не пренебрегать никакими путями стимуляции экономики и преодоления кризиса. Новые угрозы бесконтрольных и разрушительных финансовых атак международных спекулянтов на целые страны (включая классический случай обрушения английского фунта Дж. Соросом), распространение офшоров, рост долговых обязательств и т. д. казались пренебрежимо малыми по сравнению с основной задачей оживления мировой конъюнктуры. Можно винить политиков 1980-х – начала 1990-х гг. в недалекости, но в рамках того времени у нас нет права указывать им на неправильную расстановку приоритетов.

Перелом, как представляется с позиций сегодняшнего дня, произошел в первой (или даже второй) половине 1990-х гг., когда цель уйти от кризисов 1970–1980-х гг. превратилась в амбициозное гедонистическое стремление избавиться от кризисов вовсе. На практике это выглядело как лечение зубов анальгином и все более сильными и не опробованными ранее обезболивающими, оттягивающее неизбежное обострение. Самыми активными потребителями долгового «рая» стали страны Южной Европы с невысоким уровнем конкурентоспособности экономик, получившие возможность без роста производительности труда наращивать ВВП и доходы широких слоев населения (Рис. 12). Растущий долг перед будущим и пе-

ред странами – производителями материальных благ делал будущий кризис все более тяжелым, и наконец в 2008 г. этот кризис наступил.



**Рис. 12.** Соотношение относительной задолженности с уровнем конкурентоспособности стран

Источник: More... 2010.

Как и следовало ожидать, наиболее тяжелым он оказался для тех стран, которые всячески гасили локальные кризисы периода быстрого роста или извлекали прибыли из финансовых дисбалансов кризисной эпохи. В некоторой степени это относится и к России, получавшей сверхдоходы от завышенных цен на нефть и другое сырье. С другой стороны, в среднем более легко переносят кризис страны, пережившие мощные локальные кризисы 1990-х гг. (азиатский кризис 1997 г., российский дефолт 1998 г. и др.), уничтожившие некоторые «пузыри» и сжегшие часть фиктивных капиталов.

Если бы не велось столь мощного стимулирования экономик, своевременно принимались необходимые (и естественные для гибких демократических государств) меры по приспособлению к быстро меняющемуся миру, то, вероятно, мы имели бы дело лишь с мощным кризисом перепроизводства, весьма возможно, не прекратившим бы течение повышательной волны кондратьевского цикла. Но даже в условиях мощного мирового кризиса перепроизводства и множества значительных дисбалансов вряд ли стоит ожидать серьезных перестроек существующего мира. Надежды отложить кризис или отсидеться в сторонке привели к полной не-

готовности мирового сообщества решать даже не самые сложные проблемы или предложить иные, более эффективные формы регулирования недавно возникших финансовых и культурных феноменов. Не исключено, что возможности относительно безболезненного реформирования многих из них будут утрачены, и следующие попытки их реформирования, когда более устоявшиеся феномены уже станут менее подвижными, обойдутся человечеству много дороже.

Отчасти поэтому проблемы выстраивания нового глобального мира, даже самые простые, выносятся на повестки мировых форумов лишь в виде застывших ритуальных форм. А решение более сложных вопросов, таких как, например, ослабление связи между глобальной культурной всемирной сетью и принадлежащей одной цивилизации культурой западных стран (и совсем узко – американской культурой), практически не рассматривается. Международные организации, которые претендовали на выполнение отдельных функций хотя бы совещательного мирового правительства – ООН, ЮНЕСКО, МВФ, МБ, НАТО, «Семерка», «Восьмерка», «Двадцатка» и т. д., – в настоящее время скорее деградируют, чем развиваются. Легко видеть, насколько половинчатые и запаздывающие решения принимает ЕС в то время, когда само существование зоны евро и даже ЕС в целом поставлено под вопрос. Как нам представляется, должно пройти немало времени, прежде чем в посткризисном мире сформируются какие-либо действенные формы решения мировых проблем и международного (или хотя бы регионального) контроля над выполнением принятых решений.

Сейчас, как показывают примеры политики ведущих стран, а также опыт предыдущего цикла, по-видимому, наступает период неокейнсианской экономической политики. Особенно нагляден пример Китая, который ранее всемерно сокращал государственные расходы.

В то же время проведение кейнсианской несбалансированной бюджетной политики сильно затруднено излишними расходами, осуществленными многими ведущими экономиками мира в разгар экономического подъема. Тем не менее только государственная поддержка «столпов национальных экономик» в состоянии смягчить и действительно смягчает течение кризиса<sup>1</sup>, хотя предпринятые ранее неоправданные меры по стимуляции экономики ведут к росту долговых обязательств правительств ведущих стран и разбалансированию мировой финансовой системы.

---

<sup>1</sup> В качестве аргумента против целесообразности кейнсианской политики часто приводится опыт Эстонии и Латвии, которые сумели избежать девальвации своих валют в момент кризиса и в настоящее время уже перешли к фазе роста экономики. Однако этот суровый эксперимент обернулся резким спадом ВВП, еще более существенным сокращением зарплат, массовой безработицей и, наконец, миграцией до 5–8 % трудоспособного населения в другие страны ЕС. Можно восхититься стоическим умением народов Эстонии и Латвии пережить трудности, но вряд ли их пример может вдохновить менее терпеливых жителей других стран.

темы. Поэтому прежде всего будут решаться те проблемы, решение которых будет наиболее простым и требует минимального участия внешних акторов.

К числу проблем, паллиативные решения которых волей-неволей будут найдены в ходе кризиса, в первую очередь, как нам представляется, относятся следующие.

– Некоторое уменьшение неравномерности распределения прибыли между развитыми странами – главными получателями доходов (и в то же время донорами организационных и технологических новшеств) и развивающимися странами – производителями и поставщиками товаров (и в то же время реципиентами инноваций).

– Частичное сокращение неравномерности распределения доходов между работниками в развитых (в меньшей степени развивающихся) странах, прежде всего за счет сокращения сверхдоходов топ-менеджеров. При этом снижение неравномерности распределения доходов вряд ли существенно затронет остальных высококвалифицированных работников, чьи доходы в значительной мере определяются их навыками и знаниями и имеют значимую положительную корреляцию с производительностью труда внутри фирмы и в стране в целом (Цирель 2007а).

– Значительное (по крайней мере, на десятки процентов) сокращение фондовых активов и особенно производных ценных бумаг (деривативов). Для качественной характеристики требуемого сокращения приведем оценки, сделанные десятилетие назад, по следам азиатского кризиса: «Только за три месяца 1929 г. после начала кризиса американского фондового рынка котировки акций упали примерно на 40 %. А за три года стоимость фондовых активов в дефлированном исчислении снизилась почти в 10 раз. Если подобное повторится сегодня, то только в США может сгореть фиктивного капитала на сумму от 4 до 9 трлн долларов, что равно объему американского ВВП! А по всему миру сгорит в два раза больше. Но даже в случае относительно скромной коррекции рынка в 10–15 %, о которой аналитики говорят как о вполне обоснованной, потери составят не менее 1 трлн долларов» (Гурова, Кобяков 1998).

– Усиление контроля над транзакциями в офшорных и свободных экономических зонах, даже ценой некоторого снижения контроля над финансовой национальной отчетностью.

– Также весьма вероятны снижение или по меньшей мере оптимизация социальных расходов, упрощение систем поддержки, повышение пенсионного возраста и требований к получению максимальных пенсий в ряде западных стран.

– Многим государствам, превратившимся за годы процветания в разросшиеся финансовые центры (или, хуже того, прачечные по отмыванию грязных денег), придется переориентироваться на более производительные и менее прибыльные занятия.

– Несмотря на все призывы экономистов-теоретиков и даже экономистов-практиков, очень многие государства, хотя бы из политических и социальных соображений, увеличат монетарные и немонетарные таможенные барьеры, а также ужесточат иммиграционные требования.

Но политика запредельных затрат бюджетных средств на поддержание экономик, на наш взгляд, должна уступить политике снижения государственных расходов, как только появятся явные признаки изменения экономической ситуации, связанные с технологическими инновациями следующей волны и хотя бы ростом спроса на текущие новшества. При этом основной вопрос мировой экономической ситуации ближайших лет: возможно ли при столь разбалансированном состоянии мировой финансовой системы плавное осуществление перехода к новой экономической политике? Или необходимым условием оздоровления ситуации и выхода из кризиса станет высокий уровень инфляции всех без исключения мировых валют, иными словами, сжигание накопленных долговых обязательств за счет обесценивания всех платежных средств одновременно («новой революции цен»).

Независимо от ответа на поставленный вопрос, на наш взгляд (это, конечно, благодушная экспертная оценка, а не строгий расчет), перечисленных мер и грубо-кейнсианских приемов поддержки национальных экономик в сочетании со стимулированием спроса в Китае и непрекращающимся техническим прогрессом (текущей пятой волны) должно хватить для прекращения спада в мировой экономике и поддержания неустойчивого баланса (если, конечно, не будет распада ЕС и войны на Ближнем Востоке). Естественно, хромых паллиативов не хватит для длительного поддержания стабильности стремительно меняющегося мира. Поэтому остается предполагать, что в момент истинного начала понижательной волны кондратьевского цикла (вероятные сроки – от 2015 г. до 2025 г.) должен произойти новый кризис, может быть, не столь масштабный по величине промышленного спада, но не менее длительный и, главное, несущий миру глубокие перемены, о которых сегодня можно только догадываться.

### **Дополнение. Оценка достоверности выделения периодических компонент временных рядов**

Для поиска периодических компонент во временных рядах использовалась стандартная методика спектрального анализа. Самым важным этапом обработки была оценка значимости выделенных периодических трендов.

Согласно классическим методам оценки значимости несглаженного спектра нулевой гипотезой является некоррелированный случайный процесс (белый шум). Методы оценки значимости для этого случая хорошо известны (Schuster 1898; Fisher 1929; Priestley 1981). Значительно более сложная ситуация возникает, если нулевой (базовый) процесс предполага-

ет корреляции между последовательными значениями и нам нужно выделить периодические компоненты из спектра, амплитуды которого зависят от частоты. Часто такие процессы называют красным шумом<sup>2</sup>. В отличие от белого шума для красного шума нет устоявшейся методики оценки значимости максимумов спектра.

Оценка значимости периодических компонент произвольного неоглаженного спектра может производиться тремя путями. Первый путь заключается в использовании метода Монте-Карло для моделирования нулевого процесса (Timmer, König 1995; Benlloch *et al.* 2001). Недостатки подобного подхода заключаются в большой трудоемкости вычислений и отсутствии унификации описания нулевого процесса, что влечет за собой различные оценок, получаемых разными исследователями.

Второй метод заключается в том, что в спектре выделяется некоторая окрестность проверяемой компоненты и оценка значимости производится в сопоставлении с компонентами, принадлежащими данной окрестности (см., например: Лукк 1991). Основное достоинство этого подхода заключается в независимости от формы спектра и соответственно от гипотез о характере процесса. Однако, как нам представляется, данный подход должен использоваться только в крайних случаях, ибо наряду с этим достоинством у него есть серьезные недостатки. Отметим два самых важных. Первый недостаток – это произвол при выборе размера окрестности. В работе «Годовой период в сейсмичности Земли» (Гарькавый и др. 2000) для оценки средней величины компоненты рекомендуется брать по 10–25 частот с каждой стороны от проверяемой частоты, но не приводится четких оснований ни для выбора данного диапазона, ни тем более для выбора конкретного размера окрестности внутри него, а произвол при выборе окрестности ведет и к произволу при оценках значимости. Второй недостаток состоит в том, что если на спектре наблюдается явный тренд – средняя амплитуда заметно меняется с частотой, то выбор любого диапазона, кроме самого узкого и соответственно неrepresentative, ведет к смещению оценок.

Поэтому наиболее корректными являются подходы, которые используют некоторую нулевую гипотезу о характере процесса и его спектре (Vaughan 2005; Schulz, Mudelsee 2002; Тимашев 1997; Timashev, Polyakov 2007). Основная проблема состоит в том, что мы часто не знаем заранее тип случайного процесса и соответственно должны формулировать нулевую гипотезу (апериодический процесс) на основании самих экспериментальных данных; неправильный выбор нулевой гипотезы может привести к грубым ошибкам при оценке значимости тех или иных периодических составляющих.

---

<sup>2</sup> К сожалению, в различных источниках красным шумом называют разные процессы – любой коррелированный процесс, first-order autoregressive process (AR1) или комбинацию коррелированного и некоррелированного процессов.

Предлагаемый ниже метод развивает подходы, изложенные в работах этой группы. Он основан на предположении, что широкий класс аперiodических природных, техногенных и социальных процессов может быть представлен как сумма процессов со стационарными приращениями различных порядков  $f(x) = a_0(x) + a_1(x) + a_2(x) + \dots$ , где  $a_i(x)$  – процесс, у которого  $i$ -е приращения являются стационарными (Виленкин 1979). Практически при обычных длинах временных рядов (сотни – первые тысячи точек) процессы  $a_2(x), a_3(x), \dots$  оцениваются как тренд, равно как и некоторая малая часть процесса  $a_1(x)$ . Второе допущение заключается в том, что при достаточно больших интервалах между точками и отсутствии периодических компонент отсчета  $a_0(x)$  – последовательность независимых или почти независимых величин, а  $a_1(x)$  – процесс с независимыми или почти независимыми приращениями с экспоненциальной или близкой к ней корреляционной функцией. Тогда для всех частот, кроме самых низких, спектральную плотность можно представить в виде:

$$f(\omega) \approx a + b \alpha / (\alpha^2 + \omega^2), \quad (\text{A1})$$

а ее компоненты подчиняются  $\chi_2^2/2$  (экспоненциальному) распределению. Соответственно, оценка значимости периодических компонент сводится к нахождению оценок максимального правдоподобия для коэффициентов  $a, b$  и  $\alpha$ .

Сопоставим формулу (1) с формулами, предложенными в других работах данного направления. Наиболее простой метод (Vaughan 2005) использует (здесь и далее обозначения автора статьи) формулу:

$$f(\omega) \approx a + b / \omega^n, \quad (\text{A2})$$

допускающую произвольный показатель степени, но не учитывающую ни конечность радиуса корреляции ( $\alpha > 0$ ), ни присутствие белого шума в спектре.

С. Ф. Тимашев (1997; Timashev, Polyakov 2007), напротив, предлагает очень сложные формулы, допускающие как произвольный показатель степени и соответственно процессы с неэкспоненциальной корреляционной функцией (например, турбулентность по теории Колмогорова  $n = 5/3$ ), так и присутствие белого шума и конечность радиуса корреляции:

$$f(\omega) \approx a + b \alpha^k / (\alpha^n + \omega^n). \quad (\text{A3})$$

Однако, на наш взгляд, введение дополнительного параметра  $n$  (значение  $k$ , очевидно, не влияет на аппроксимацию) неоправданно для большей части реальных процессов, но заметно осложняет вычисления и снижает устойчивость вычислительной процедуры. Кроме того, увеличение количества параметров может привести к слишком хорошей аппроксимации спектра, частично включающей и периодические компоненты. В то же время, возможно, для некоторых процессов необходимо применение более сложной формулы (A3).

Наиболее близкое к (A1) описание процесса используется в работе (Schulz, Mudelsee 2002), но это представление не выражено в явном виде, а получается путем корректировок второго члена в (A1). При этом для оценок значимости отклонений от нулевой гипотезы применяется не детерминированный алгоритм, а метод Монте-Карло.

### Этапы вычислений

1. Первым этапом является проверка, которая покажет, нужно ли приводить спектр к белому шуму или он уже близок к белому шуму.

Проще всего это проверить с помощью коэффициента корреляции  $r$  между частотой  $\omega_k$  (или ее номером  $k$  – очевидно, выбор никак не влияет на результат) и амплитудами спектральных компонент  $A_k = \sqrt{I_k}$ . Чтобы не принимать вариации спектра за свидетельства коррелированности процесса, используется высокое критическое значение уровня значимости  $p = 0,01$ . Оценка значимости коэффициента корреляции производится либо с помощью  $t$ -статистики Стьюдента, либо с помощью преобразования Фишера.

Проверка может выявить следующие ситуации.

1)  $r < 0$  – процесс значимо отличается от белого шума, и нужно применять основную методику (см. ниже).

2)  $r = 0$  – нулевой гипотезой является белый шум (математические ожидания всех  $I_k$  равны между собой), переходим к пункту 3.

3)  $r > 0$  – высокочастотные колебания интенсивнее низкочастотных. Математически это означает, что процесс приблизительно описывается формулами типа  $x_i \approx -\alpha x_{i-1} + \varepsilon$  ( $\alpha > 0$ ).

Реально это может означать две вещи.

а) Измерения проводились слишком редко, мы охватили лишь малую часть основного диапазона частот вариации процесса, реальные частоты нельзя отличить от отражений от частот Найквиста. Желательно повторить измерения заново, либо с более частыми наблюдениями, либо в случайные моменты времени.

б) Проводить измерения чаще в принципе невозможно, и основные колебания на самом деле происходят с периодами длительностью в несколько отсчетов. Такие процессы редки, но существуют – например, основные периоды урожайности яблок составляют 2–3 года, а минимальный шаг отсчета, очевидно, равен году.

В этих случаях (например, рассматривается вопрос о влиянии солнечной активности на урожайность яблок) остается пользоваться следующей методикой (Лукк 1991): выбрать какую-либо окрестность 11-летнего периода в спектре и проводить сравнение в этой окрестности.



2. Основной этап – приведение спектра к спектру белого шума. Для этого мы аппроксимируем спектр формулой (A1).

Так как  $I_k$  распределены не по нормальному, а по экспоненциальному закону, то необходимо использовать не метод наименьших квадратов, а метод максимального правдоподобия.

Составим функцию максимального правдоподобия:

$$l = \prod_{k=1}^N \left( a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right)^{-1} \prod_{k=1}^N \exp \left( - \left[ a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right]^{-1} I_k \right), \quad (A4)$$

тогда логарифмическая функция максимального правдоподобия имеет вид:

$$L = \sum_{k=1}^N \ln \left( a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right) + \sum_{k=1}^N \left( a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right)^{-1} I_k. \quad (A5)$$

Для минимизации  $L$  (у  $L$  знак изменен на противоположный, поэтому надо искать минимум, а не максимум) можно использовать прямые методы, например метод покоординатного спуска, однако более эффективны методы с вычислением производных:

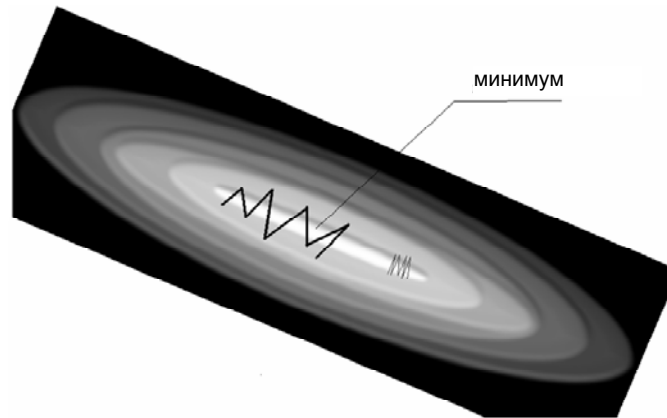
$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial a} &= \sum_{k=1}^N \frac{I_k - \left( a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right)}{\left( a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right)^2} = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial b} &= \sum_{k=1}^N \frac{\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \frac{I_k - \left( a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right)}{\left( a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right)^2} = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial \alpha} &= \sum_{k=1}^N \frac{\omega_k^2 - \alpha^2}{(\alpha^2 + \omega_k^2)^2} \frac{I_k - \left( a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right)}{\left( a + \frac{b\alpha}{\alpha^2 + \omega_k^2} \right)^2} = 0. \end{aligned} \quad (A6)$$

Основная проблема состоит в том, что задача имеет овражный тип (область поиска похожа на длинную яму), то есть существует узкая и длинная область, где функция  $L$  меняется незначительно при большом изменении коэффициентов. На Рис. 13 показан пример для двух подбираемых коэффициентов. В таких случаях алгоритмы нахождения минимума либо вообще

его проскакивают (жирная линия), либо двигаются к нему очень медленно (тонкая линия), либо неверно определяют его положение.

Очень важно удачно выбрать стартовую точку. Для решения этой задачи предлагается следующий метод: взять несколько значений  $I_k$  в начале спектра (для определенности 3 или 5 точек) и найти среднее значение, очевидно, приблизительно равное  $b/\alpha$ . Затем взять несколько точек в середине спектра, также найти среднее, оно приблизительно равно:  $\frac{(b/\alpha) \cdot \alpha^2}{\alpha^2 + \omega_{N/2}^2}$ ; отсюда мы находим  $\alpha^2$ ,  $\alpha$  и  $b$ . Наконец, берем несколько точек

в самом конце, подставляя в формулу (A1) полученные значения  $\alpha$  и  $b$ , находим  $a$ . Если  $a \leq 0$ , то полагаем  $a = 0$ ; если  $a \ll b/\alpha$ , то принимаем значение  $a$  в качестве стартового. Если же оказывается, что  $a$  близко по величине к  $b/\alpha$  или даже больше него, то проводим еще одну итерацию. Для этого вычитаем  $a$  из всех  $I_k$  и повторяем вычисления; в качестве стартовых принимаем значения новые  $\alpha^{(1)}$  и  $b^{(1)}$ , а также  $a + a^{(1)}$ .



**Рис. 13.** Пример поиска решения при овражном типе задачи

Эти операции можно проделать с различным количеством точек (при вычислениях  $I_k$ , сильно отклоняющиеся от соседних, полезно отбросить) и сравнить значения  $L$ . В качестве стартового выбирается тот набор  $a$ ,  $\alpha$  и  $b$ , у которого значение  $L$  минимально.

3. Оценка значимости. Метод оценивания существенно зависит от того, что мы проверяем, – максимумы в спектре или заранее заданные частоты.

а) Заранее заданные частоты (например, мы проверяем, есть ли суточный период). Находим по формуле (A1) математическое ожидание  $I_k$  для

данной частоты и отношение полученной амплитуды к нему  $x = I_k / I_k$ . По формуле Шустера (Schuster 1898):

$$p = e^{-x} \quad (A7)$$

находим значимость отклонения  $p$ , сопоставляем ее с пороговым значением  $p_0$  и определяем, достоверно ли существование периодичности с частотой  $\omega_k$ . Строго говоря, надо было бы производить вычисления по формуле Фишера (Fisher 1929):

$$p = (1 - x/N)^{N-1}, \quad (A8)$$

так как мы используем не точно известное значение  $I_k$ , а его оценку. Однако использование данной формулы имеет смысл только при малых  $N$  или при высокой пороговой значимости (см. Табл. 1).

**Табл. 1.** Критические значения  $x$

Пороговая значимость $p_0, \%$	Значения $x$ по формуле Фишера при различных значениях $N$			Значения $x$ по формуле Шустера ( $N = \infty$ )
	16	32	64	
5	2.9	2.95	2.95	3.0
3	3.3	3.4	3.45	3.5
1	4.2	4.4	4.5	4.6
0.5	4.75	5.0	5.15	5.3

Обратим внимание, что при заранее выбранной частоте пороговые значения достаточно малы, например, при  $p_0 = 1 \%$  (думаю, ее следует принять за базовую) необходимо, чтобы квадрат амплитуды  $I_k$  превышал среднее значение всего в 4,6 раза. Данные вычисления можно перенести на амплитудные спектры по формуле:

$$x_A = A_k / A_k = 2\sqrt{x_I / \pi}, \quad (A9)$$

где  $A_k$  – среднее значение  $A_k$  в амплитудном спектре. Например, при  $p_0 = 1 \%$  необходимо превышение средней амплитуды в спектре в 2,42 раза.

б) Проверка максимального пика в спектре. Проверка проводится по формуле Уолкера (Walker 1914):

$$p = 1 - (1 - \exp(-x))^N. \quad (A10)$$

Для выбранной максимальной ординаты в периодограмме требуются гораздо более высокие значения, чем значения заранее выбранных частот (см. пример в Табл. 2).

**Табл. 2.** Критические значения  $x_I$  и  $x_A$  при  $p_0 = 1 \%$

$N$	2	4	8	16	32	64	128	256
$x_I$	5.3	6.0	6.7	7.35	8.05	8.75	9.45	10.15
$x_A$	2.6	2.75	2.9	3.05	3.2	3.35	3.45	3.6

При малых значениях  $N$  более точный результат дает формула Фишера (Fisher 1929):

$$p = \sum_{j=1}^{\left[ \frac{N}{x} \right]} (-1)^{j-1} C_N^{j-1} (1 - jx/N)^{N-1}, \quad (\text{A11})$$

где квадратные скобки над знаком суммы означают целую часть числа. В формулах (A9) и (A10) при обычном алгоритме  $N$  – это общее количество частот в спектре, при выборе некоторой окрестности  $N$  – это количество частот в данной окрестности.

Более сложную проблему представляет оценка значимости следующих по величине  $I_k$  после максимальной. Существует целый ряд различных алгоритмов, существенно различающихся между собой. Представляется разумным воспользоваться нестрогим, но простым алгоритмом Уиттла (Whittle 1952). Он заключается в том, что после проверки максимального значения  $I_k$  (если оно прошло проверку) количество частот сокращается на единицу и весь расчет производится заново. Сложность может заключаться в том, что если максимальное  $I_k$  достаточно велико, то надо производить новую аппроксимацию спектра (п. 2) и заново вычислять все  $I_k$ .

В качестве примера рассмотрим случайный процесс (Рис. 14), близкий к процессу с некоррелированными приращениями:

$$f_i = 0.9f_{i-1} + R(-0.5, 0.5) + 0.1(f_{i-1} - f_{i-2}) = f_{i-1} + R(-0.5, 0.5) - 0.1f_{i-2}, \quad (\text{A12})$$

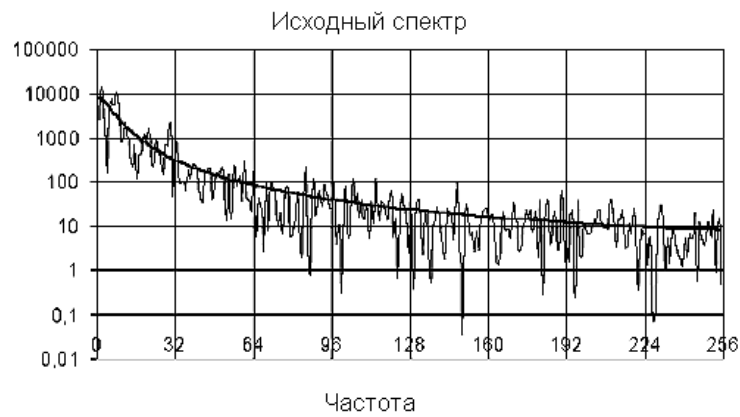
где  $R(-0.5, 0.5)$  – равномерно распределенное случайное число в диапазоне  $(-0.5, 0.5)$ .



**Рис. 14.** Пример процесса

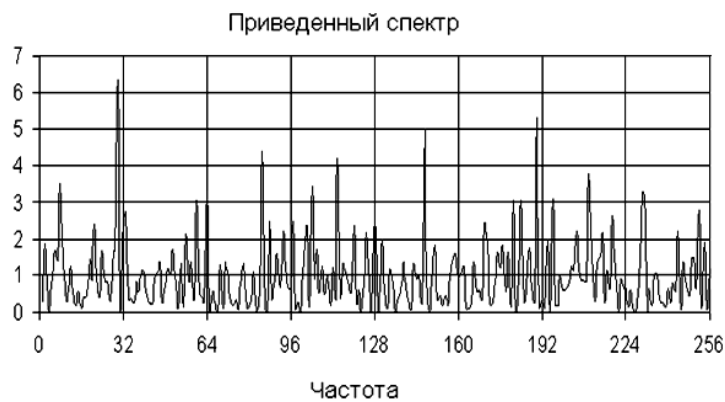
В данном случае среднюю спектральную плотность (Рис. 15) можно представить в виде:

$$f(\omega) \approx a + b \cdot \alpha / (\alpha^2 + \omega^2) \approx 3.022 + 327.2 \cdot 0.03887 / (0.03887^2 + \omega^2). \quad (\text{A13})$$



**Рис. 15.** Исходный спектр

Для выявления ритмов будем рассматривать приведенный спектр  $x = I_k / I_k$ . (Рис. 16), то есть отношения фактических значений  $I$  к аппроксимации  $f(\omega)$ .



**Рис. 16.** Приведенный спектр

На приведенном спектре наиболее вероятный претендент на периодичность – это тридцатая компонента, но и ее значимость составляет всего 35 %. Однако если бы заранее было предположено, что ожидается периодичность с такой частотой, то этот вывод был бы подтвержден со значимостью 0.17 %.

**Библиография**

- Видяпин В. И., Добрынин А. И., Журавлева Г. П., Тарасевич Л. С. (Ред.) 2008.** *Экономическая теория*. М.: ИНФРА-М.
- Виленкин С. Я. 1979.** *Статистическая обработка результатов исследования случайных функций*. М.: Энергия.
- Гарькавый Н. Н., Татевян С. Н., Фридман А. М. 2000.** Годовой период в сейсмичности Земли. I. Зависимость от магнитуды и глубины. *Физика Земли* 5: 28–36.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В., Цирель С. В. 2011.** *Циклы развития современной мир-системы*. М.: ЛИБРОКОМ.
- Гурова Т., Кобяков А. 1998.** Осуждение Фауста. *Эксперт* 31: 20–26.
- Зотин А. 2012.** Роботорговля XXI века. *Журнал «Коммерсантъ Деньги»* 18(875), 05.05.2012. URL: <http://www.kommersant.ru/doc/1927087?themeID=1297>
- Кондратьев Н. Д. 2002.** *Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения*. 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. 2005.** *Законы истории: Математическое моделирование исторических макропроцессов. Демография. Экономика. Войны*. М.: КомКнига/URSS.
- Лукк А. А. 1991.** Анализ временных рядов параметров реконструируемого напряженно-деформированного состояния земной коры Гармского полигона. *Комплексные исследования по прогнозу землетрясений* / Ред. М. А. Садовский, с. 84–97. М.: Наука.
- Мальгус Т. Р. 1993.** *Опыт о законе народонаселения*. М.: Наука.
- Нефедов С. А. 2003.** Простейшая математическая модель демографической динамики земледельческого общества. *Информационный бюллетень ассоциации «История и компьютер»* 31: 266–269.
- Нефедов С. А. 2005.** *Демографически-структурный анализ социально-экономической истории России*. Екатеринбург: УГГУ.
- Пантин В. И., Лапкин В. В. 2006.** *Философия исторического прогнозирования: ритмы истории и перспективы мирового развития*. Дубна: Феникс+.
- Самуэльсон П. А., Нордхаус В. Д. 2009.** *Макроэкономика*. 18-е изд. М.: Вильямс.
- Тимашев С. Ф. 1997.** Фликкер-шум как индикатор стрелы времени. Методология анализа временных рядов на основе теории детерминированного хаоса. *Российский химический журнал* 41(3): 17–29.
- Турчин П. В. 2007.** *Историческая динамика. На пути к теоретической истории*. М.: ЛКИ/URSS.

- Цирель С. В. 2007.** Стоит ли составлять планы построения постиндустриального общества в России? *Экономический вестник Ростовского государственного университета* 5(4): 8–21.
- Цирель С. В. 2011.** Российская модернизация во время и после кризиса. *Капитал страны*. URL: <http://www.kapital-rus.ru/index.php/articles/article/193466>
- Bairoch P. 1993.** *Economics and World History*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Benlloch S., Wilms J., Edelson R., Yaqoob T., Staubert R. Y. 2001.** Quasi-Periodic Oscillation in Seyfert Galaxies: Significance Levels. The Case of Markarian 766. *The Astrophysical Journal* 562: L121–L124.
- BIS 2008.** URL: <http://www.bis.org/statistics/derstats.htm>
- Devezas T. 2001.** The Biological Determinants of Long-wave Behaviour in Socioeconomic Growth and Development. *Technological Forecasting & Social Change* 68: 1–57.
- Devezas T., Corredine J. 2002.** The Nonlinear Dynamics of Technoeconomic Systems. An Informational Interpretation. *Technological Forecasting and Social Change* 69: 317–357.
- Dickson D. 1983.** Technology and Cycles of Boom and Bust. *Science* 219(4587): 933–936.
- Diebolt C., Doliger C. 2006.** Economic Cycles Under Test: A Spectral Analysis. Kondratieff Waves. *Warfare and World Security* / Ed. by T. C. Devezas, pp. 39–47. Amsterdam: IOS Press.
- Fisher R. A. 1929.** Tests of Significance in Harmonic Analysis. *Proceedings of the Royal Society of London* 125 (Series A): 54–59.
- Goldstone J. 1991.** *Revolution and Rebellion in the Early Modern World*. London: University of California Press.
- Komlos J., Artzrouni M. 1990.** Mathematical Investigations of the Escape from the Malthusian Trap. *Mathematical Population Studies* 2: 269–287.
- Korotayev A., Tsirel S. 2010.** A Spectral Analysis of World GDP Dynamics: Kondratieff Waves, Kuznets Swings, Juglar and Kitchin Cycles in Global Economic Development, and the 2008–2009 Economic Crisis. *Structure and Dynamics* 4(1): 3–57.
- Maddison A. 2001.** *Monitoring the World Economy: A Millennial Perspective*. Paris: OECD.
- Maddison A. 2003.** *The World Economy: Historical Statistics*. Paris: OECD.
- Maddison A. 2009.** *World Population, GDP and Per Capita GDP, A.D. 1–2003*. URL: [www.ggdc.net/maddison](http://www.ggdc.net/maddison).

- Metz R. 1992.** Re-Examination of Long Waves in Aggregate Production Series. *New Findings in Long Wave Research* / Ed. by A. Kleinknecht, E. Mandel, I. Wallerstein, pp. 80–119. New York, NY: St. Martin's.
- Metz R. 2006.** Empirical Evidence and Causation of Kondratieff Cycles. *Kondratieff Waves, Warfare and World Security* / Ed. by T. C. Devezas, pp. 91–99. Amsterdam: IOS Press.
- More Credit with Fewer Crises 2010:** Responsibly Meeting the World's Growing Demand for Credit. WEF-2011. URL: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_NR\\_More\\_credit\\_fewer\\_crises\\_2011.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_NR_More_credit_fewer_crises_2011.pdf)
- OECD Economic Outlook Database 2004.** URL: [http://books.google.ru/books?id=mthopNQxtsC&pg=PA159&lpg=PA159&dq=OECD+Economic+Outlook+Database+2004,&source=bl&ots=\\_swEQcoJOj&sig=xRg2X6gp04i31-sV8gZWjBDJ5tM&hl=en&sa=X&ei=GFRsUOnFNyZP4QTU9oDABQ&sqi=2&ved=0CEAQ6AEwBg#v=onepage&q=OECD%20Economic%20Outlook%20Database%202004%2C&f=false](http://books.google.ru/books?id=mthopNQxtsC&pg=PA159&lpg=PA159&dq=OECD+Economic+Outlook+Database+2004,&source=bl&ots=_swEQcoJOj&sig=xRg2X6gp04i31-sV8gZWjBDJ5tM&hl=en&sa=X&ei=GFRsUOnFNyZP4QTU9oDABQ&sqi=2&ved=0CEAQ6AEwBg#v=onepage&q=OECD%20Economic%20Outlook%20Database%202004%2C&f=false)
- Priestley M. B. 1981.** *Spectral Analysis and Time Series*. London: Academic Press.
- Rothbard M. 1984.** The Kondratieff Cycle: Real or Fabricated? Ludwig von Mises Institute. URL: <http://www.lewrockwell.com/rothbard/rothbard44.html>
- Schulz M., Mudelsee M. 2002.** REDFIT: Estimating Red-noise Spectra Directly from Unevenly Spaced Paleoclimatic Time Series. *Computers & Geosciences* 28: 421–426.
- Schuster A. 1898.** 'On Hidden Periodicities'. *Terrestrial Magnetism* 3: 13–41.
- Smith V. L. 2007.** The Clinton Housing Bubble Tuesday. *The Wall Street Journal*. December 18.
- Timashev S. F., Polyakov Yu. S. 2007.** Review of Flicker Noise Spectroscopy in Electrochemistry. *Fluctuation and Noise Letters* 7(2): R15–R47.
- Timmer J., König M. 1995.** On Generating Power Law Noise. *Astronomy & Astrophysics* 300: 707–710.
- Tsirel S. V. 2004.** On the Possible Reasons for the Hyperexponential Growth of the Earth Population. *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics* / Ed. by M. G. Dmitriev, A. P. Petrov, pp. 367–369. Moscow: Russian State Social University.
- Turchin P. 2003.** *Historical Dynamics: Why States Rise and Fall*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Turchin P., Nefedov S. 2009.** *Secular Cycles*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Vaughan S. 2005.** A Simple Test for Periodic Signals in Red Noise. *Astronomy & Astrophysics* 431: 391–403.



- 
- Walker G. T. 1914.** On the Criterion for the Reality of Relationships or Periodicities. *Calcutta Ind. Met. Mems* 21, 19.
- Whittle P. 1952.** The Simultaneous Estimation of a Time Series Harmonic Components and Covariance Structure. *Trabajos Estadística* 3: 43–57.
- Wilkinson D., Tsirel S. V. 2005.** Analysis of Power-Structure Fluctuations in the ‘Longue Durée’ of the South Asian World System. *Structure and Dynamics: Journal of Anthropological and Related Science* 1(2).
- World Bank. 2012.** *World Development Indicators Online*. Washington, D.C.: World Bank. URL: <http://data.worldbank.org/indicator>