

Аналитика и прогноз

К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ БЛИЖАЙШИХ ЛЕТ

Аскар АКАЕВ, Андрей КОРОТАЕВ

Аскар Акаевич Акаев —
доктор технических наук, профессор, главный
научный сотрудник Института математических
исследований сложных систем им. Р. Пригожина
при МГУ им. М. В. Ломоносова
(119991, Москва, Ленинские горы, д. 1);
научный руководитель Лаборатории мониторинга
рисков дестабилизации НИУ ВШЭ
(101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20).
E-mail: aakaev@hse.ru

Андрей Витальевич Коротаев —
доктор исторических наук, профессор,
заведующий Лабораторией мониторинга рисков
дестабилизации НИУ ВШЭ
(101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20);
ведущий научный сотрудник Международной
лаборатории демографии и человеческого
капитала РАНХиГС (119571, Москва,
просп. Вернадского, 82).
E-mail: akorotayev@gmail.com

Аннотация

В статье анализируется текущее состояние мировой экономики и предлагается краткосрочный прогноз ее развития. Анализ лог-периодических колебаний динамики индекса Доу — Джонса свидетельствует о том, что во второй половине 2017 года Соединенные Штаты Америки и другие развитые страны могут испытать новую рецессию, обусловленную третьей фазой глобального финансового кризиса. В экономике развивающихся стран продолжится замедление темпов роста из-за снижения цен на сырьевые товары и возросшего давления долларовой долговой нагрузки. Нижняя точка глобального экономического спада должна быть достигнута в 2017–2018 годах, а затем начнется новое ускорение темпов роста мировой экономики на повышательной волне шестого большого цикла Кондратьева (2018–2050 годы). Этот подъем будет зависеть от развития шестого технологического уклада, ядро которого создается с помощью NBIC-конвергенции (то есть совместного использования нано-, био-, информационных и когнитивных технологий). Для скорейшего и уверенного выхода из третьей фазы мирового финансового кризиса требуются совместные действия развитых и развивающихся стран в рамках G-20 по стимулированию глобального спроса, мировой торговли и справедливого решения долговой проблемы развивающихся стран. Кроме того, правительства технологически развитых стран должны сконцентрировать ресурсы и усилия на стимулировании практического применения NBIC-технологий, поскольку те составляют основу шестого технологического уклада и новой структуры мировой экономики. Период 2017–2024 годов является наиболее благоприятным для восприимчивости и распространения прорывных инноваций шестого большого цикла Кондратьева.

Ключевые слова: глобальная экономическая динамика, кондратьевские волны, экономические циклы, глобальный кризис, финансовый кризис, прогноз.

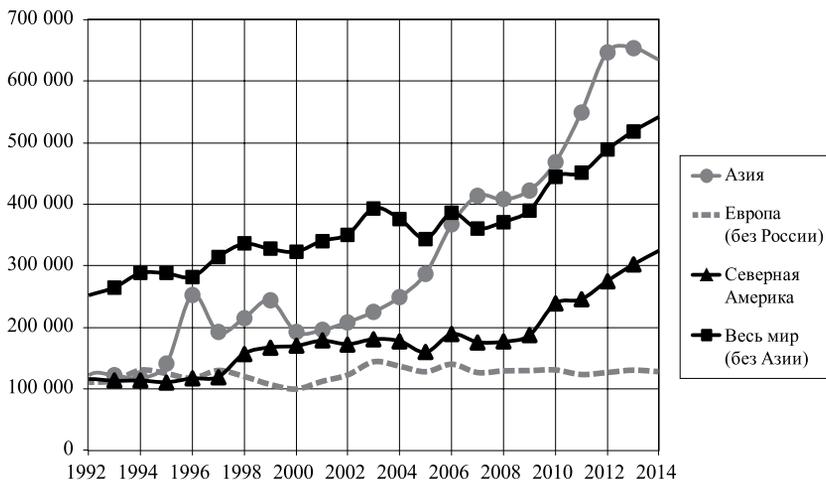
JEL: E32, E37, F01, F63.

Введение

Мировая экономика начиная с 2008 года переживает очередной системный циклический кризис, связанный со сменой длинных волн экономического развития Кондратьева¹, со сменой действующего пятого технологического уклада, основанного на кремниевой полупроводниковой микроэлектронике [Глазьев, 1993; 2010]. Охватившая развитые страны посткризисная депрессия, как мы и предсказывали [Акаев и др., 2010], обещает быть затяжной и, скорее всего, продлится до 2018 года, когда ожидается начало нового подъема мировой экономики (рис. 1), на повышательной волне шестого большого цикла Кондратьева (2018–2050 годы). Предполагается, что инновационные технологии шестого технологического уклада будут играть ключевую роль в выходе из нынешнего финансово-экономического кризиса и в последующем новом подъеме мировой экономики. Базисные инновационные технологии шестого технологического уклада — NBIC-технологии (нано-, био-, информационные и когнитивные технологии) [Глазьев, 2010; Казанцев и др., 2012; Ковальчук, 2011; Рудской, 2007; Прайд, Коротаев, 2008] станут устойчивыми источниками экономического роста и повышения конкурентоспособности экономик развитых стран. По другой версии речь идет о МАНБРИК-технологиях (комплексе, включающем медицинские, аддитивные, нано- и биотехнологии, робототехнику, информационные и когнитивные технологии; см., например: [Гринин, Коротаев, 2015a]).

Отметим, что нынешнее оживление началось в экономиках развитых стран и связано оно с началом освоения инновационных продуктов на основе NBIC-технологий, которые станут ядром грядущего шестого технологического уклада. Итак, мы убеждаемся в том, как безотказно работает принцип, сформулированный выдающимся немецким экономистом Г. Меншем в период мирового экономического кризиса 1970-х годов: «инновации преодолевают депрессию» [Mensch, 1979]. Следовательно, локомотивами повышательной волны шестого большого цикла Кондратьева в развитии мировой экономики станут наиболее развитые страны — США, ЕС, Япония и Южная Корея, которые признаны лидерами в исследовании и разработке NBIC-технологий. Вместе с тем необходимо иметь в виду, что в последние годы центр глобальной изобретательской активности смещается в Восточную Азию, где в настоящее время каждый год выдается больше патентов на разного рода изобретения, чем в остальном мире вместе взятом (см. рис. 1):

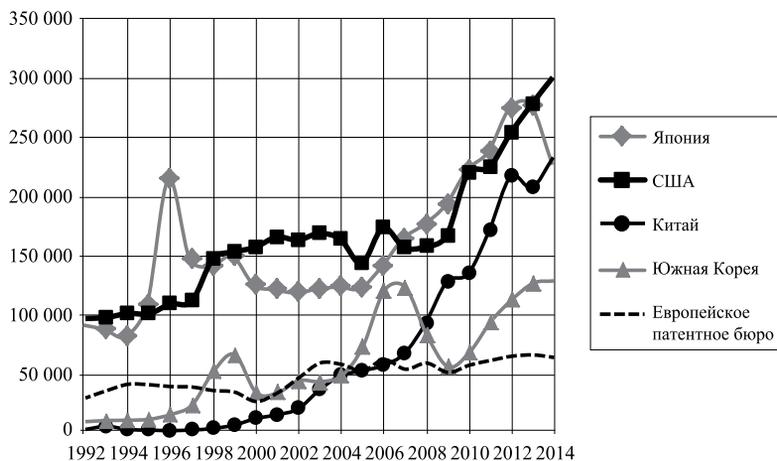
¹ Подробнее о длинных кондратьевских волнах в экономической динамике см., например: [Кондратьев, 1925; 2002; Акаев; 2013; Коротаев, Гринин, 2012; Коротаев, Цирель, 2010; Korotayev et al., 2011; Korotayev, Grinin, 2012; Grinin et al., 2016].



Источник: [WIPO, 2016].

Рис. 1. Динамика числа патентов, выдаваемых ежегодно в разных макрорегионах мира

При этом важный вклад в лидерские позиции Восточной Азии вносят не только Япония и Южная Корея (где в 2014 году было запатентовано больше изобретений, чем во всей Европе²). Очень большой вклад туда вносит и Китай, который в 2014 году по числу запатентованных там изобретений догнал Японию, а Европу обошел почти в два раза (рис. 2):



Источник: [WIPO, 2016].

Рис. 2. Динамика числа патентов, выдаваемых ежегодно в некоторых странах мира, а также в Европейском патентном бюро

² Без России.

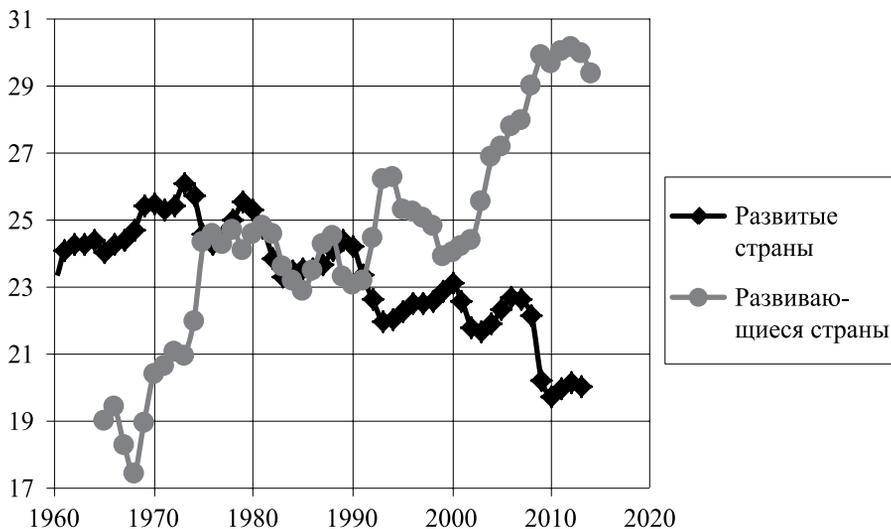
1. Понижительная стадия пятого большого цикла Кондратьева

В работе [Акаев, 2013] было показано, что начало пятого большого цикла Кондратьева датируется 1982 годом³. Действительно, в 1982 году наблюдалось оживление в мировой экономике, которое переросло в самый продолжительный на протяжении пятой кондратьевской волны двенадцатилетний период (1982–1994 годы) стабильного и достаточно быстрого экономического роста с ежегодными темпами в 3–4%. В этом периоде преобладали инвестиции в основной капитал. Далее, в период 1996–2006 годов, наблюдалось подлинное процветание, когда темпы роста производительности труда почти в два раза превысили аналогичный показатель для предшествовавшего периода 1985–1995 годов. В 2006–2007 годах уже начался спад темпов роста в странах ОЭСР (см. рис. 2), что означало переход от повышательной стадии пятого большого цикла Кондратьева к понижительной. Таким образом, 2006 год стал верхней поворотной точкой пятого большого цикла Кондратьева. Продолжительность повышательной стадии пятого большого цикла Кондратьева, как и следовало ожидать, составила 24 года. Не прошло и трех лет, как разразился мировой финансово-экономический кризис 2008–2009 годов, который по своей глубине напомнил кризис 1929 года, предшествовавший Великой депрессии 1930-х годов, и потому был прозван «Великой рецессией». Кризис случился как раз в фазе депрессии жюглярковского цикла, начавшего свой подъем после предыдущего локального кризиса 2001 года, охватившего информационные общества и отрасли экономики знаний. Продолжительность предстоящей депрессии была оценена в 9–11 лет. Следовательно, ожидалось, что примерно в 2018–2020 годах начнется повышательная стадия шестого большого цикла Кондратьева.

Начало понижительной стадии пятого большого цикла Кондратьева, датированное 2006 годом, подтверждается также динамикой технического прогресса и инвестиций. Так, например, рост совокупной производительности факторов (СПФ), который обычно принято называть техническим прогрессом, в США — бесспорном технологическом лидере мира — начал замедляться еще в 2003 году [ПРМЭ, 2015, апрель. С. 103]. Именно тогда стало снижаться исключительное по своей силе воздействие на рост мировой экономики со стороны информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) как технологий общего назначения, наблюдавшееся в период с 1990-х годов по начало 2000-х годов [Перминов, 2007]. Однако к середине 2000-х годов ускоренный рост совокупной производительности факторов в ИКТ закончился. Производство и капиталовооруженность в секторе

³ См. также: [Гринин, Коротаев, 2012].

заметно снизились в годы, предшествовавшие мировому финансовому кризису 2007–2008 годов [ПРМЭ, 2015, апрель. С. 107]. Всё это означает, что ИКТ как одни из магистральных базисных технологий пятого большого цикла Кондратьева исчерпали свои потенциальные возможности для дальнейшего повышения совокупной производительности факторов, что, в свою очередь, свидетельствует о завершении повышательной стадии пятого большого цикла Кондратьева и о начале поиска новых базисных технологий.



Источник: [World Bank, 2016].

Рис. 3. Динамика доли инвестиций в ВВП развитых и развивающихся стран, 1960–2014 годы (%)

Вместе с тем, как было показано в работе [Акаев, Рудской, 2013], ИКТ будут служить магистральной инфраструктурой для внедрения базисных инноваций шестого большого цикла Кондратьева, то есть мостом, связывающим пятый и шестой большие циклы Кондратьева. Поэтому очень важно всемерно поддерживать дальнейшее развитие ИКТ, поскольку увеличение инфраструктурного капитала для продвижения инновационных технологий будет положительно влиять на рост совокупной производительности факторов в долгосрочной перспективе. О начале поиска новых базисных инноваций свидетельствует резкое снижение инвестиций в основной капитал после 2006 года в наиболее развитых странах (см. рис. 2). Они сократились в среднем на 25% в начале кризиса и с тех пор практически не восстановились. В странах с формирующимся рынком и в развивающихся

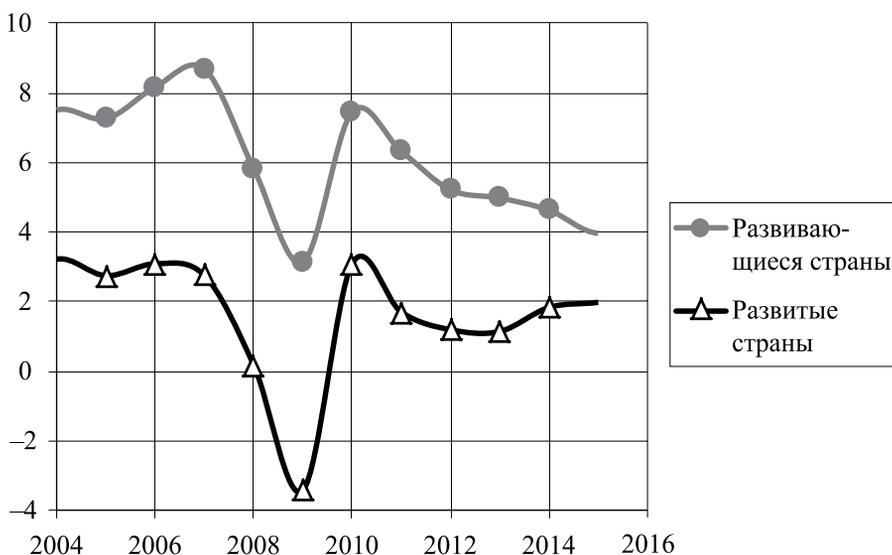
странах (см. рис. 2) после бума 2000-х годов рост инвестиций не прерывался и в кризис. Это вполне естественно, поскольку в развивающихся странах кондратьевские циклы запаздывают по отношению к соответствующим циклам в развитых странах. Некоторое снижение уровня инвестиций в развивающихся странах после 2012 года лишь частично отражает общую слабость экономической активности, сложившуюся вследствие финансово-экономического кризиса 2008—2009 годов. В основном оно объясняется снижением экспортных цен на биржевые товары, ухудшением внутренней и внешней финансовой конъюнктуры, сокращением притока прямых иностранных инвестиций (ПИИ), в совокупности вызванным второй волной мирового финансового кризиса, начавшегося с крушения фондовых рынков 4 августа 2011 года.

2. Начало второй фазы глобального финансового кризиса

Дата начала второй волны глобального финансового кризиса была предсказана исследовательской группой авторов ещё в 2010 году — за 9 месяцев до наступления самого кризиса [Акаев и др., 2010] — с удивительной точностью: прогнозные расчеты указывали на 3 августа 2011 года. В серии работ, написанных исследовательской группой авторов [Акаев и др., 2010; Акаев et al., 2010; Акаев и др., 2011; Акаев et al., 2011; Акаев et al., 2012], было установлено, что предвестником глобальных циклических финансово-экономических кризисов является взрывной рост цен на такие высоколиквидные биржевые товары, как нефть и золото, связанный со спекулятивным надуванием пузырей и с последующим их лопанием [Акаев и др., 2010]. Далее было показано, что стохастический взрывной рост цен хорошо описывается с помощью ускоряющихся лог-периодических колебаний, накладывающихся на взрывной возрастающий тренд, описываемый степенной функцией с квазисингулярностью в конечный момент времени [Акаев и др., 2011]. Таким образом, для прогноза даты кризиса оставалось оценить координату точки сингулярности.

Причины и возможные последствия второй волны финансового кризиса 2011 года были подробно рассмотрены нами в работе [Акаев и др., 2012]. Было показано, что сверхмягкая денежная политика США и (в гораздо меньшей степени) других мировых держав, проводившаяся во время кризиса для спасения финансовой и банковской системы, а в посткризисный период — для оживления и подъема экономики, способствовала невиданному росту мировых цен на биржевые товары. Существенная часть этих дешевых денег шла на товарные биржи, надувая «сырьевые пузыри», лопание которых в 2011 году вызвало нестабильность и замедление мировой экономики.

Несмотря на быстрое и уверенное восстановление после глобального финансово-экономического кризиса 2008–2009 годов, развивающиеся страны после событий 2011 года оказались в состоянии заметного замедления роста.



Источник: [IMF, 2016].

Рис. 4. Динамика темпов роста ВВП экономически развитых и развивающихся стран, 2004–2015 годы (%)

Средние темпы экономического роста развивающихся стран в 2013 году были на 1,5 п.п. ниже, чем в 2010–2011 годах, когда посткризисное восстановление экономики в этих странах достигло своего пика. Причем это замедление было практически одновременным и коснулось подавляющего большинства развивающихся стран. Начавшееся во второй половине 2011 года, уже к середине 2012 года замедление экономического роста охватило свыше $\frac{4}{5}$ всех развивающихся стран. Следствием первой фазы кризиса стало резкое ухудшение условий жизни людей в развитых и развивающихся странах. Всё это вызвало массовые социальные протесты в ряде развитых стран, а во многих развивающихся странах Ближнего Востока и Северной Африки оно оказалось столь значительным, что внесло заметный вклад в генерирование социальных потрясений, вошедших в историю под названием «арабских революций» (см., например: [Коротаев, Зинькина, 2011; Коротаев и др., 2012; Гринин и др., 2015]).

Накануне начала второй волны глобального кризиса наблюдался взрывной рост мировых цен на золото и иные драгоценные металлы, продовольствие и энергоносители, а также другие биржевые товары.

О лопании наиболее важного «золотого пузыря» в августе 2011 года уже было сказано выше. Было также замечено свойство синхронизации процесса «лопания» на различных рынках биржевых товаров, что привело к синхронизации банкротств предприятий и к некоторому замедлению роста экономик развивающихся стран, тесно связанных с международной торговлей биржевыми сырьевыми товарами. Поскольку синхронное лопание множества пузырей и соответствующее банкротство многочисленных предприятий приводят к нарушению сложившихся торгово-экономических цепочек, всё это вполне предсказуемо привело также к резкому падению темпов роста мировой торговли. Впервые за последние 30 лет они сравнялись с темпами роста мировой экономики, как видно из табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Динамика развития мировой экономики и торговли, отдельных государств и групп стран в 2010–2015 годы, с прогнозом МВФ до 2020 года (темпы роста в %)

Годы/%	Факт							Прогноз МВФ			
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Темпы роста мировой экономики	5,4	4,2	3,5	3,3	3,4	3,2	3,1	3,4	3,6	3,7	3,7
Темпы роста мировой торговли	12,4	7,0	2,8	3,5	3,3	3,8	2,3	3,8	4,2	4,2	4,3
Темпы роста экономики развитых стран	3,1	1,7	1,2	1,2	1,9	2,1	1,6	1,8	1,8	1,8	1,7
Темпы роста экономики развивающихся стран	7,5	6,3	5,3	5,0	4,6	4,0	4,2	4,6	4,8	5,0	5,1
Темпы роста экономики США	2,5	1,6	2,2	1,7	2,4	2,6	1,6	2,2	2,1	1,9	1,7
Темпы роста экономики Германии	3,9	3,7	0,7	0,6	1,6	1,5	1,7	1,4	1,4	1,3	1,3
Темпы роста экономики Великобритании	1,9	1,5	1,3	1,9	3,1	2,2	1,8	1,1	1,7	1,8	1,9
Темпы роста экономики Японии	4,7	-0,5	1,7	1,4	-0,1	0,5	0,5	0,6	0,5	0,7	0,1
Темпы роста экономики Китая	10,6	9,5	7,9	7,8	7,3	6,9	6,6	6,2	6,0	6,0	5,9
Темпы роста экономики Индии	10,3	6,6	5,6	6,6	7,2	7,6	7,6	7,6	7,7	7,8	8,0

Источник: World Economic Outlook: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2017/update/01/>.

Действительно, темпы роста мировой торговли в последние годы были существенно ниже среднегодовых темпов роста за последние 20 лет. Главной причиной падения темпов роста торговли стало замедление развития всей мировой экономики, пока еще не преодолевшей последствия глобального кризиса 2008–2009 года. Именно после кризиса произошло резкое замедление роста мирового товарооборота. С 1980-го по 1993 год, на повышательной волне пятого большого цикла Кондратьева, мировая торговля росла очень быстро: на 4,7% в год против 3% в год роста мирового ВВП, с коэффициентом эластичности, равным 1,6. А с 1994-го по 2007 год глобальная торговля росла уже в два раза быстрее, чем мировое производство. Это подтверждается также данными МВФ [ПРМЭ, 2015, апрель. С. 44]: в 1986–2000-х годах увеличение мирового реального ВВП на 1% было связано с увеличением объема мировой торговли на 2,2%. Эта эластичность была значительно выше, чем в предыдущий (1970–1985 годы) и в последующий (2001–2013 годы) периоды, когда эластичность глобальной торговли составляла 1,3. Нынешнее падение глобального товарооборота — главная угроза для развивающихся экономик. Поэтому все меры, способствующие росту глобальной торговли, будут содействовать скорейшему выходу мировой экономики из кризиса.

3. О третьей фазе глобального финансового кризиса и его причинах

Выше мы отметили, что развитые экономики, в частности экономику США, ожидает третья фаза кризиса, обусловленная среднесрочным жюгляровским кризисным спадом. Развивающиеся страны также ожидает встреча с риском третьей фазы кризиса, связанным с долговой проблемой, о чем мы писали еще в 2012 году [Акаев, Пантин, 2012]. Группа специалистов компании *Goldman Sachs* во главе с главным аналитиком мировых фондовых рынков П. Оппенгеймером в октябре 2015 года, анализируя замедление экономического роста в Китае и в других развивающихся странах, пришла к выводу о том, что налицо признак третьей волны мирового финансового кризиса. Они утверждают, что третья волна кризиса является порождением первых двух волн — обвала крупнейших банков в США и ЕС, а также кризиса суверенных долгов в Евросоюзе. По их версии, события развивались по следующему сценарию: в ответ на два первых долговых кризиса центральные банки (ФРС, ЕЦБ и другие ЦБ) резко снизили учетные ставки, чем воспользовались инвесторы, которые начали активно кредитовать развивающиеся рынки, и прежде всего — китайские. Большинство долгов китайских компаний накопилось именно после кризиса 2008–2009 годов, когда власти Китая начали активно расширять кредитование, чтобы

поддержать быстрый экономический рост в условиях глобального финансового кризиса. В результате в развивающихся странах накопился огромный долларовый долг, и он продолжает расти, что становится поводом для беспокойства уже в глобальном масштабе. Долларовая задолженность, как в форме взятых в долларах кредитов иностранных банков, так и в форме выпущенных компаниями из развивающихся стран облигаций, номинированных в долларах, более чем удвоилась за последние 5 лет и достигла 3,3 трлн долл. к началу 2016 года. Теперь, когда доллар укрепляется, а инвесторы сбрасывают сырьевые активы, принадлежавшие развивающимся странам, предприятиям из развивающихся стран становится всё труднее обслуживать долги и изыскивать средства под крупные проекты. Проблема погашения долларовой задолженности компаний из развивающихся стран стала обостряться в конце 2014 года. Небольшое усиление доллара вызвало значительное падение национальных валют, что осложнило компаниям обслуживание долга. Компании начали экономить, сокращать работников. В результате рост ВВП в развивающихся странах заметно затормозился. В итоге наблюдается замедление темпов роста экономик развивающихся стран и мировой экономики в целом. Совокупный долг правительств, домохозяйств, корпоративного и финансового секторов в развивающихся странах вырос только в 2015 году на 1,6 трлн долл. и достиг 62 трлн долл., на 210% превысив объем их совокупного ВВП. Развитые страны, напротив, сократили размер совокупного долга на 12 трлн долл., снизив общий объем долга до 175 трлн долл. Указанные выше циклопические объемы долгов как в развивающихся, так и в развитых странах сильно ограничивают возможности для текущих заимствований с целью поддержания дальнейшего экономического роста. По данным ИФ (Институт международных финансов), компании из развитых стран сократили задолженность в 2015 году всего на 0,4 п.п. — до 87,4% ВВП, а из развивающихся стран, напротив, увеличили на 6,7 п.п. — до 101,3%. Совокупный корпоративный долг в первых 19 развивающихся странах превысил 25 трлн долл. Корпоративный долг в наименее развитых странах с формирующимся рынком после кризиса 2008–2009 годов утроился, составив 2,6 трлн долл. В 2016 году и в последующие три года заемщикам всех категорий в развивающихся странах придется особенно интенсивно погашать облигации и кредиты, указывает ИФ. В 2017 году им необходимо выплатить более 900 млрд долл. Значительное снижение темпов роста мировой экономики и торговли в сочетании с огромными размерами накопленных долгов создает предпосылки для нового глобального кризиса — третьего по счету после Великой рецессии 2009 года. Известные американские экономисты К. Рейнхарт и К. Рогофф утверждают, что после достижения определенного уровня государ-

ственный долг, как правило, замедляет темпы экономического роста. По их расчетным оценкам, таким критическим уровнем госдолга является показатель 90% ВВП: в этом случае существенная доля расходов бюджета уходит на погашение процентов и на выплату старых долгов вместо инвестиций в инфраструктуру и в развитие. Как мы видели выше, подавляющее большинство развивающихся стран уже находится в опасной зоне, а развитые страны приближаются к ней. Как известно, с любыми долгами проще расплачиваться в условиях растущих доходов. Когда уровень задолженности зашкаливает за критическую отметку, то не происходит достаточного роста доходов, который позволял бы избавляться от долгов. Так что в настоящее время растет риск массовых дефолтов, которые могут стать причиной нового кризиса. В этой связи в докладе ЮНКТАД о торговле и развитии за 2015 год зависимость мировой экономики от кредитов справедливо названа «нездоровой». В докладе отмечается, что если мир не перейдет к справедливому урегулированию «долговой» проблемы, то в обозримом будущем непременно произойдут новые кризисы суверенных долгов, как это было в недавнем прошлом с Грецией. По данным ЮНКТАД, уровень глобальной задолженности увеличился с предкризисного 2007 года (142 трлн долл.) к концу 2015 года (199 трлн долл.) в 1,4 раза, превысив мировой ВВП (77,3 трлн долл.) в 2,6 раза. Если мы заглянем в ближайшее будущее, то увидим следующую картину: укрепляющийся доллар, низкие цены на биржевые сырьевые товары и медленный экономический рост как в развитых, так и в развивающихся странах. В таких условиях большинству компаний в мире будет очень трудно привлечь необходимые финансовые ресурсы, чтобы расплатиться по просроченным банковским кредитам, поэтому будет повышаться риск корпоративных дефолтов. А это, безусловно, вызовет дальнейшее замедление мировой экономики и нестабильность на финансовых рынках. Таким образом, мировой экономический рост в настоящее время находится ниже своей потенциальной динамики, что вызвано продолжением болезненного процесса снижения уровня долговой нагрузки — сначала в США, затем в Евросоюзе, а теперь и в чрезмерно закредитованных развивающихся странах. Также наблюдается сокращение спроса — как в развитых, так и в развивающихся странах, а это не может не затронуть международный товарооборот. Тревогу вызывает то обстоятельство, что замедление роста мировой экономики и торговли сопровождается усиленным замедлением роста доходов населения, что чревато всплесками социального недовольства. Похоже, что мир вступает в третью фазу мирового кризиса после первой фазы в США и Великобритании (2008–2009 годы) и второй — в еврозоне и на развивающихся рынках (2011–2012 годы). Третья фаза будет во многом спровоцирована огромными долгами как в развитых, так

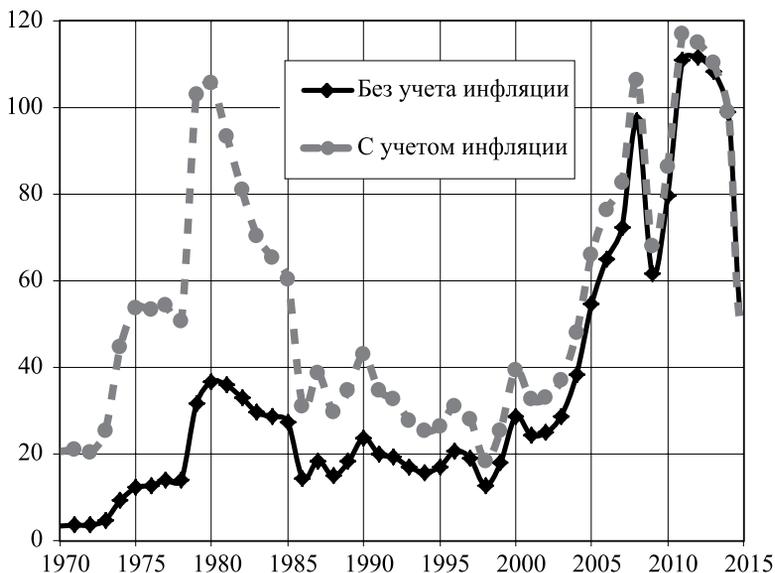
и развивающихся странах, а также избыточными неэффективными инвестициями и производственными мощностями в развивающихся странах, в особенности в Китае.

4. О наступлении затяжного периода укрепления доллара США и низких цен на сырьевые товары

Ко всем вышеприведенным аргументам остается добавить самый весомый — начавшееся в 2014 году укрепление доллара США. Причем после длительного периода дешевого доллара (2000—2013 годы) наступает период сильного доллара, который обычно длится 8—10 лет. Подорожание доллара вслед за ростом процентной ставки в США создает ряд проблем для развивающихся стран. Во-первых, капитал из развивающихся рынков уходит на американский рынок. Во-вторых, развивающимся странам становится труднее обслуживать подорожавший долларовый долг и брать новые кредиты на развитие, поскольку рост процентной ставки в США вызывает общее увеличение стоимости кредита в мире. В-третьих, когда укрепление доллара продолжалось в течение длительного времени, цены на биржевые сырьевые товары, как правило, имели тенденцию к снижению. Дело в том, что как только уверенность инвесторов в укреплении доллара США восстанавливается — непроизводительные активы начинают терять в цене. Нефть, золото и другие сырьевые товары являются индикаторами силы или слабости доллара. Поскольку американский доллар теперь вступил в длительный цикл укрепления, который будет длиться по крайней мере до 2025 года, то наступает столь же затяжной период низких или умеренных цен на сырьевые товары, которые являются основными активами большинства развивающихся стран. Следовательно, низкие цены на сырьевые товары станут сильным фактором снижения потенциальных темпов экономического роста развивающихся стран в среднесрочном периоде. Реальные цены на многие биржевые товары, особенно металлы, снизились с пиковых значений, достигнутых в 2011 году. Например, цены на металлы снизились в 2015 году более чем на 20%, а в 2016 году — еще примерно на 10%. Цены на продовольствие в 2015 году снизились на 16%, а в 2016 году — ещё на 5%. Причем если снижение цен на нефть связано с ее перепроизводством и с укреплением доллара, то снижение цен на металлы в большей степени связано с переходом Китая к новой модели экономического роста. Действительно, доля Китая в мировом потреблении металлов в последние годы составляла более 50%, поэтому замедление экономического роста в Китае играет ключевую роль в снижении цен на металлы, и эта тенденция — долгосрочная. Итак, восходящая фаза (1998—2011 годы) сырьевого суперцикла завершена.

Обвалился практически весь сырьевой комплекс, и прежде всего металлургия. Широкий сырьевой индекс S&PGSCI упал в июле 2015 года на 13,6% и обновил минимум 2002 года. Предыдущее дно наблюдалось в 1998 году, до него еще 30% падения. МВФ в конце 2016 года пересмотрел свой прогноз роста мировой экономики на 2017-й год в том числе и из-за снижения сырьевых цен и ухудшил его [IMF, October 2016]. МВФ также считает, что период низких цен на сырьевые товары будет затяжным и адаптироваться к ним придется всему миру. МВФ видит наихудшие перспективы у стран — экспортеров сырьевых товаров. Темпы экономического роста стран, экспортирующих сырьевые товары, по расчетам специалистов МВФ, в 2016–2017 годах будут ежегодно сокращаться на 1 п.п., а в странах, экспортирующих энергоносители, — на 2,25 п.п. Поскольку это замедление является не только циклическим, но и структурным, МВФ полагает, что экономическая политика должна быть нацелена прежде всего на повышение инвестиций в инновации, то есть на ускорение роста производительности. Циклическая смена периодов высоких и низких цен на сырьевые товары подтверждается теорией больших циклов Кондратьева [Акаев и др., 2010]. К. Марчетти и Н. Накиценович впервые обратили внимание на периодически повторяющиеся резкие скачки в ценах на доминирующие энергоносители, которые совпадают с периодом смены больших кондратьевских циклов [Marchetti, Nakicenovic, 1979]. Эти всплески цен длятся обычно около 10–12 лет и знаменуют собой начало важного структурного сдвига в энергопотреблении. Мы показали [Акаев и др., 2010], что эти всплески цен являются предвестниками глобальных циклических кризисов в мировой экономической и финансовой системе. Действительно, когда мировая экономика находится на повышательной волне кондратьевского цикла, благоприятная конъюнктура мирового рынка постоянно повышается и цены на нефть в соответствии с теорией кондратьевских волн находятся на низком стационарном уровне, определяемом ценой производства и транспортировки. Но как только происходит значительное ухудшение конъюнктуры мирового рынка на понижательной волне кондратьевского цикла, капитал начинает стремительно перемещаться в нефть и золото — как товары с абсолютной ликвидностью, вызывая тем самым взрывной рост цен, как показано на рис. 5–6.

Как видно из рис. 5, непосредственно после нефтяного шока в начале 1970-х годов цена на нефть выросла до 50 долл./барр., а затем резко подскочила до максимального уровня в 95 долл./барр. в 1979 году, знаменуя начало экономического кризиса 1980–1982 годов. Затем до середины 1980-х годов цена на нефть плавно снижалась, в 1985–1986 годах резко обвалилась, после чего стабилизировалась в коридоре 20–40 долл./барр. до 2003 года, а затем стала



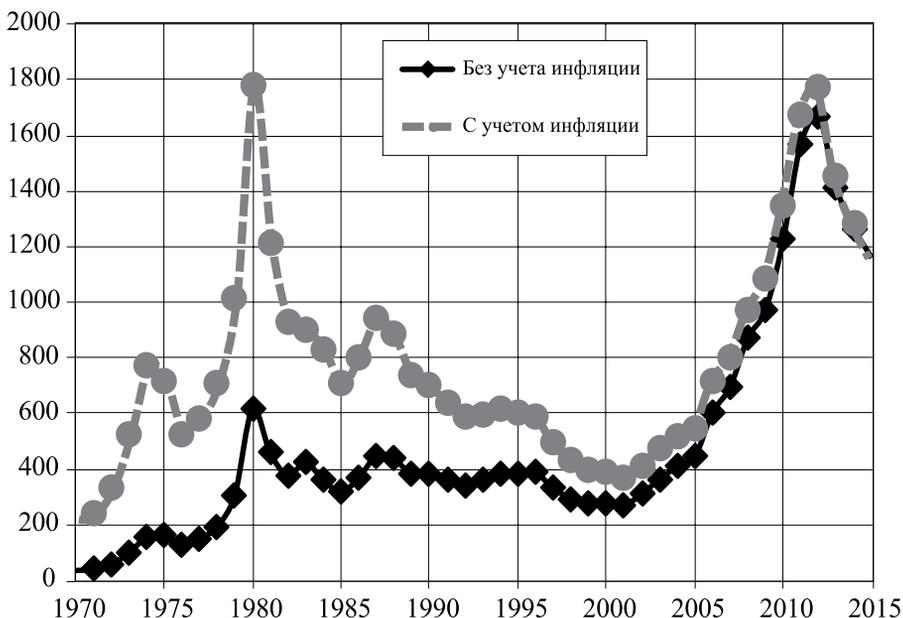
Примечание: сплошная кривая — цены на нефть без учета инфляции; пунктирная кривая — цены на нефть в постоянных долларах 2015 года с учетом инфляции.

Источники: база данных Earth Policy Institute (Washington, DC, 2010; www.earth-policy.org/datacenter/xls/update67_5.xls/), цены на нефть за 1970–2006 годы; база данных U. S. Energy Information Administration (http://www.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_a.htm/), цены на нефть за 2007–2015 годы; World Development Indicators Online (Washington, DC: World Bank, 2010; <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>), данные по инфляции в США.

Рис. 5. Динамика среднегодовых цен на нефть, 1970–2015 годы (долл./барр.)

вновь расти. Как мы упоминали выше, примерно в 2006–2007 годах мировая экономика вступила в понижительную волну пятого кондратьевского цикла, которая на мир-системном уровне предположительно продлится до 2017–2018 годов. Начавшееся ухудшение конъюнктуры мирового рынка ускорило рост цен на нефть и золото (см. рис. 5–6). Цена на нефть с 2006 года резко выросла за полтора года с 60 до 147 долл./барр. (см. рис. 5) к 11 июля 2008 года. После этого незамедлительно последовал мировой экономический кризис, начало острой фазы которого обычно условно датируется 15 сентября 2008 года. Далее цена барреля нефти *Brent* столь же резко упала до 40 долл., после чего достаточно быстро «отскочила» на промежуточный диапазон 70–80 долл./барр., где продержалась весь 2009 год, а затем поднялась в коридор 100–120 долл./барр., в котором находилась уже три года (2011–2013 годы). Наконец, уже во втором полугодии 2014 года, вместе со сворачиванием программы количественного смягчения и в ожидании повышения процентной ставки ФРС США, цены на нефть марки *Brent* стали постепенно снижаться, пока не вышли к 50 долл./барр. к началу 2015 года. Среднегодовая

цена барреля нефти *Brent* в 2015 году составила примерно 52 долл. Однако в январе 2016 года цена на нефть вновь резко опустилась до 30 долл./барр., до уровней, которых не было с 2004 года. Затем цены восстановились до района 45 долл./барр. в марте-мае 2016 года и до 55–57 долл./барр. в начале 2017 года.



Примечание. Сплошная кривая — цены на золото без учета инфляции; пунктирная кривая — цены на золото в постоянных долларах 2015 года с учетом инфляции.

Источники: база данных World Gold Council (<http://www.research.gold.org/prices/>), цены на золото за 1970–2009 годы; база данных USA Gold Reference Library (<http://www.usagold.com/reference/prices/history.html/>), среднегодовая цена на золото за 2010 год, на 12 ноября 2010 года; World Development Indicators Online (Washington, DC: WorldBank, 2010; <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators/>), данные по инфляции в США.

Рис. 6. Динамика среднегодовых цен на золото, 1970–2015 годы
(долл. за тройскую унцию)

Таким образом, прошло 12 лет с начала активного повышения цен на нефть, причем этот период охватил практически всю понижательную стадию пятого большого цикла Кондратьева (2006–2018 годы). Вполне естественно теперь ожидать, что с началом повышательной стадии шестого большого цикла Кондратьева на мир-системном уровне (2018–2040 годы) наступает длительный период умеренных цен на нефть (в целом на энергоносители), а также на другие сырьевые товары (золото и другие драгметаллы, продовольствие и т. д.). В благоприятных условиях этот период может продолжаться до

2030-х годов. Причем можно утверждать, что цены на нефть в этот период, вероятнее всего, будут находиться в коридоре от 40 до 80 долл./барр., приближаясь к концу периода к верхнему потолку. Здесь предполагается, что инфляция доллара США составит в среднем 2% годовых, а также учтено, что ценовой коридор нефти на повышательной стадии пятого большого цикла Кондратьева (1982–2006 годы) составлял 20–40 долл./барр. (см. рис. 5).

Понижение цен на биржевые сырьевые товары вызвало повсеместное удешевление национальных валют развивающихся стран, а также замедление экономического роста. Поскольку поведение «сырьевых валют» напрямую зависит от цен на природные ресурсы, девальвация национальных валют развивающихся стран — это нормальная реакция на снижение мировых цен основного экспортного товара. Она позволяет избежать значительного падения производства и роста безработицы. Таким образом развивающиеся страны адаптируются к новой экономической ситуации. Вместе с тем значительное снижение курса национальных валют сопряжено с риском отрицательного воздействия на баланс предприятий, затрудняющих возврат долларового долга.

Итак, нам остается выяснить, когда же наступит третья фаза финансового кризиса. Для этого нам необходимо дополнительно рассмотреть краткосрочную перспективу экономического роста США.

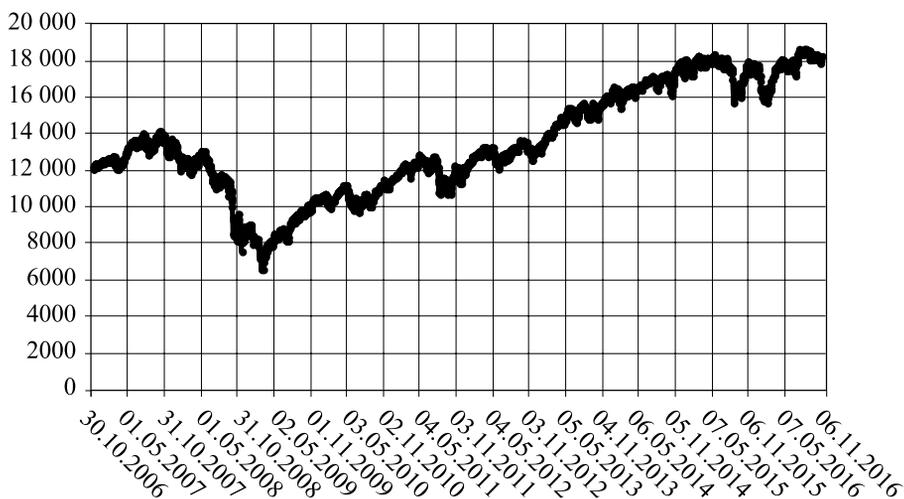
Экономика США в последние годы вроде бы демонстрирует относительную стабильность. МВФ в конце 2016 года прогнозировал, что темпы прироста экономики США 2017 году составят 2,2% и превысят соответствующий показатель 2016 года — 1,6% [IMF, October 2016. P. 228]. Такому оптимистическому прогнозу способствовали три положительных фактора: (1) рост спроса, основанный на сильных потребительских ожиданиях; (2) рост занятости в экономике и (3) подъем на рынке недвижимости. В январе 2016 года уровень безработицы снизился до 4,9%, до минимального уровня в течение последнего десятилетия. Вместе с тем возникло также беспокойство по поводу возможных сбоев в экономическом росте США, причем как раз в тот момент, когда ФРС впервые после кризиса 2008–2009 годов (16 декабря 2015 года) приступила к повышению процентной ставки. Эксперты заговорили даже о возможной рецессии. Они полагают, что экономика США может не выдержать глобального спада в экономике, если последний продолжится и в 2017 году. Например, дальнейшее замедление роста китайской экономики может привести к спаду в экономиках важнейших торговых партнеров США — Канады и Мексики.

Есть и внутренние риски, прежде всего — нестабильность на фондовых рынках. Действительно, американский фондовый рынок находится в предкризисном состоянии. Угроза провала на фон-

довых рынках США весьма велика и может практически реализоваться, если ФРС в очередной раз повысит процентную ставку. В этом случае низкие цены на нефть приведут также к существенному снижению инвестиций в энергетический сектор и к сокращению сотен тысяч рабочих мест, а усиление доллара ограничит американский экспорт. Кроме того, инфляция уже долгие годы остается значительно ниже целевого оптимального уровня в 2% годовых. По прогнозам ФРС, в 2016 году базовая инфляция составит 1–1,5% и лишь в 2017 году инфляция приблизится к целевой отметке в 2%.

Как известно из эмпирических данных, чем ниже траектория роста экономики США, тем больше ее уязвимость к внешним шокам. Мы также считаем, что именно в 2017 году случится кризисный провал на фондовых рынках США и под влиянием дальнейшего замедления мировой экономики и торговли в США произойдет кризисный экономический спад, соответствующий смене жюгляровских среднесрочных циклов (7–11 лет).

Попробуем рассчитать возможную дату начала этого кризиса на основе анализа главного биржевого индекса США — промышленного индекса Доу — Джонса (DJIA). Как можно видеть из рис. 7, начиная с весны 2009 года (то есть вместе с полномасштабным запуском политики количественного смягчения) на фондовой бирже начал надуваться соответствующий биржевой пузырь.



Источник: база данных Yahoo Finance (<https://finance.yahoo.com/quote/%5EDJI/history?p=%5EDJI/>).

Рис. 7. Динамика промышленного индекса Доу — Джонса (DJIA), осень 2006 года — осень 2016 года

Между тем, как показали многочисленные исследования Д. Сорнетте и его коллег [Сорнетте, 2008; Sornette, 2004; Sornette, Johansen, 1997; 1998; 2001; Sornette, Sammis, 1995; Sornette et al., 2009; Johansen, Sornette, 1999; 2001; Johansen et al., 1999; Johansen et al., 1996], то, что именуется пузырем, характеризуется вполне определенным математическим выражением:

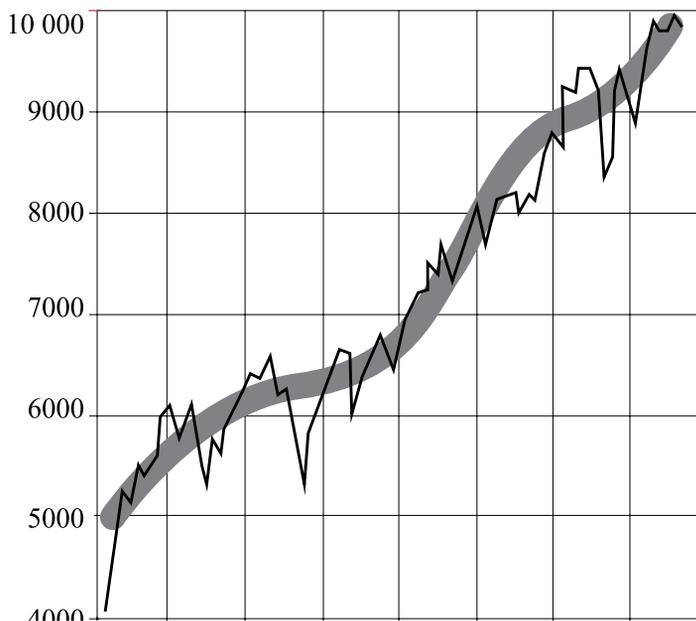
$$p(t) = p_{\max} - C_1(t_c - t)^{C_3} \left\{ 1 + C_2 \cos [C_4 \ln(t_c - t) - \varphi] \right\}, \quad (1)$$

$$p(t) = A + m(t_c - t)^\alpha \left\{ 1 + C \cos [\omega \ln(t_c - t) + \varphi] \right\}, \quad (2)$$

где $p(t)$ — некоторый показатель финансовых (или товарных) рынков (например, цена золота или величина промышленного индекса Доу — Джонса).

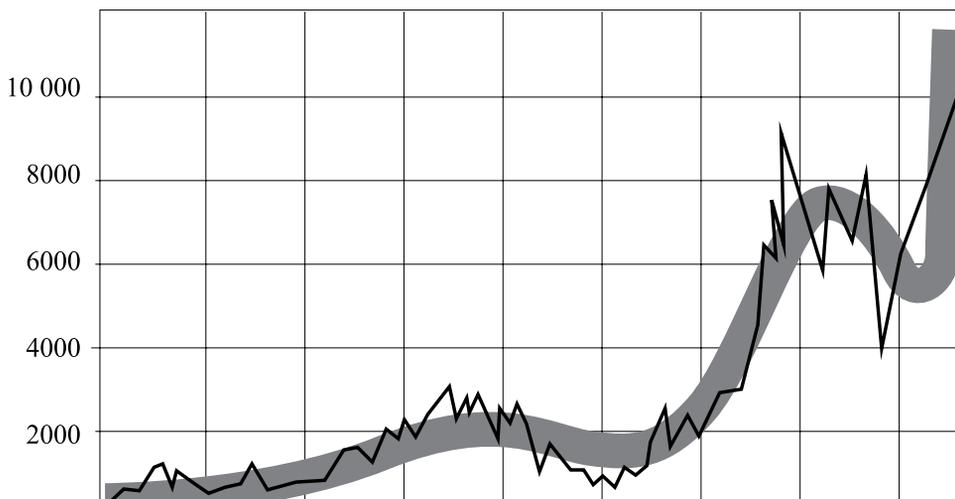
В случае достаточно длительного интервала времени вместо цены (или других показателей) более точный результат может давать использование логарифма цены (или других показателей). A (или p_{\max}) — максимальная величина, которую соответствующий показатель может достичь в критический момент времени t_c , именуемый далее точкой квазисингулярности. В качестве такого показателя может также выступать и курс доллара по отношению к какой-либо валюте. Такое название использовано потому, что по мере приближения к этому моменту частота осцилляций, описываемых гармонической функцией от логарифма, устремляется к бесконечности; при этом, хотя сама функция $p(t)$ к бесконечности и не стремится, она делает «скачок». Не стремится она к бесконечности вследствие того, что константа m — отрицательная, а константа α — положительная. Упомянутые осцилляции называют также лог-периодическими осцилляциями, потому что в логарифмическом масштабе времени, когда по оси абсцисс откладывается $t_c - t$, они являются постоянно периодическими. Особенностью этих лог-периодических осцилляций является то, что период каждой последующей лог-осцилляции уменьшается по отношению к периоду каждой предыдущей на одну и ту же величину, равную $\exp(2\pi/\omega)$ (см. также: [Акаев и др., 2011; Акаев и др., 2011; 2012; Акаев et al., 2010; Акаев et al., 2012; Акаев et al., 2011]). Применим эту методику для расчета возможного начала нового жюглярковского спада в американской (и глобальной) экономике. Результаты аппроксимации ряда (начиная со времени начала формирования биржевого пузыря весной 2009 года) с использованием уравнения (2) выглядят следующим образом (рис. 8):

Как мы видим, точка сингулярности здесь приходится на 2017,80 (=19.10.2017). Таким образом, согласно этим расчетам начала ближайшего жюглярковского кризиса в американской (и глобальной) экономике следует ждать осенью 2017 года.



Примечание. Тонкая ломаная линия соответствует эмпирическим данным; толстая плавная кривая сгенерирована следующим уравнением со значениями параметров, определенными методом наименьших квадратов: $p(t) = 10890,6 - 854,392 \times (2017,80 - t) 0,950 + 85,600 \times (2017,80 - t) 0,950 \times \cos[14,928 \times \ln(2017,80 - t) + 0,641]$. Расчеты А. А. Фомина.

Рис. 8. Лог-периодические колебания в динамике промышленного индекса Доу – Джонса (DJIA), весна 2009 года – осень 2016 года



Примечание. Тонкая ломаная линия соответствует эмпирическим данным; толстая плавная кривая сгенерирована следующим уравнением со значениями параметров, определенными методом наименьших квадратов: $p(t) = 31,214 + 1,22 \times 107 / (2045,853 - t) 2,047 + 4,74 \times 106 / (2045,853 - t) 2,047 \times \cos[24,202 \times \ln(2045,853 - t) + 2,341]$. Расчеты А. А. Фомина.

Рис. 9. Лог-периодические колебания в динамике промышленного индекса Доу – Джонса (DJIA), 1930-е – 2010-е годы

Примечательно, что расчеты по более длинному ряду (начиная с окончания американской Великой депрессии в первой половине 1930-х годов) дают совсем другую точку сингулярности — в районе 2046 года (рис. 9), которая позволяет сделать предположительную датировку времени возможного завершения восходящей фазы шестого кондратьевского цикла.

5. О времени возможного начала повышательной фазы шестого кондратьевского цикла

Выдающийся японский инженер и экономист М. Хироока установил, что современная инновационная парадигма состоит из трех логистических траекторий (рис. 10): технологической, разработки и диффузии [Hirooka, 2006]. Технологическая траектория представляет собой совокупность «ключевых» технологий, относящихся к рассматриваемой инновации, которая возникла в результате какого-либо значимого технического изобретения или научного открытия. Траектория разработки (освоения инновации) — это совокупность новых инновационных продуктов, полученных путем применения указанных ключевых технологий. Траектория разработки играет самую важную роль в инновационной парадигме, поскольку именно здесь осуществляется передача технологических знаний от академических институтов к промышленности и возникают венчурные предприятия для промышленного освоения инновационного продукта с дальнейшей его коммерциализацией. Благоприятные возможности для венчурных предприятий имеют тенденцию концентрироваться в первые 10–15 лет первой половины траектории разработки. Именно в этот период, сразу после окончания технологической траектории, начинается интенсивная диффузия инновационного продукта на рынок, и продолжается она порядка 25–30 лет — до момента насыщения рынка.

М. Хироока впервые выделил и исследовал траекторию развития технологии и показал, что она также описывается логистической кривой и длится тоже около тридцати лет, начавшись с какого-либо значительного открытия или технического изобретения. Таким образом, инновационная парадигма имеет каскадную структуру, состоящую из трех логистических траекторий, отстоящих друг от друга на определенном фиксированном расстоянии, установленном эмпирическим путем. Это замечательное свойство инновационной парадигмы позволяет осуществлять довольно точное прогнозирование траектории диффузии инновационных продуктов на рынок по заранее установленной траектории развития технологии (см. рис. 10), как это показано на примере электроники [Hirooka, 2006]. Поскольку последняя опережает первую на 25–30 лет, она

легко может быть построена еще до начала поступления новых продуктов на рынок. Технология микроэлектроники началась с создания Дж. Бардиным, У. Браттейном и У. Шокли полупроводникового электронного прибора — первого транзистора — в 1948 году и завершилась через 25 лет, в 1973 году, разработкой технологии субмикронной литографии (компания *IBM*), позволяющей создавать интегральные микросхемы (микрочипы), состоящие из десятков и сотен миллионов транзисторов. В том же 1973 году компания *Intel* создала первый микропроцессор Intel-4004, содержащий 2300 транзисторов на одном кремниевом кристалле. Уже в 1974 году был создан более совершенный микропроцессор Intel-8008 с оперативной памятью емкостью 256 байт, который был способен выполнять 75 различных команд и на основе которого в том же году удалось построить первый персональный компьютер. Через два года (1976 год) С. Возняк и С. Джобс создали знаменитый *Apple I* — первый персональный компьютер, получивший массовое применение (в 1977–1978 годах было продано более 600 штук). Итак, мы видим, что через 25–30 лет от начала зарождения базисной технологии появились инновационные продукты, формирующие новые рынки.



Источник: [Hirooka, 2006].

Рис. 10. Структура инновационной парадигмы с тремя траекториями

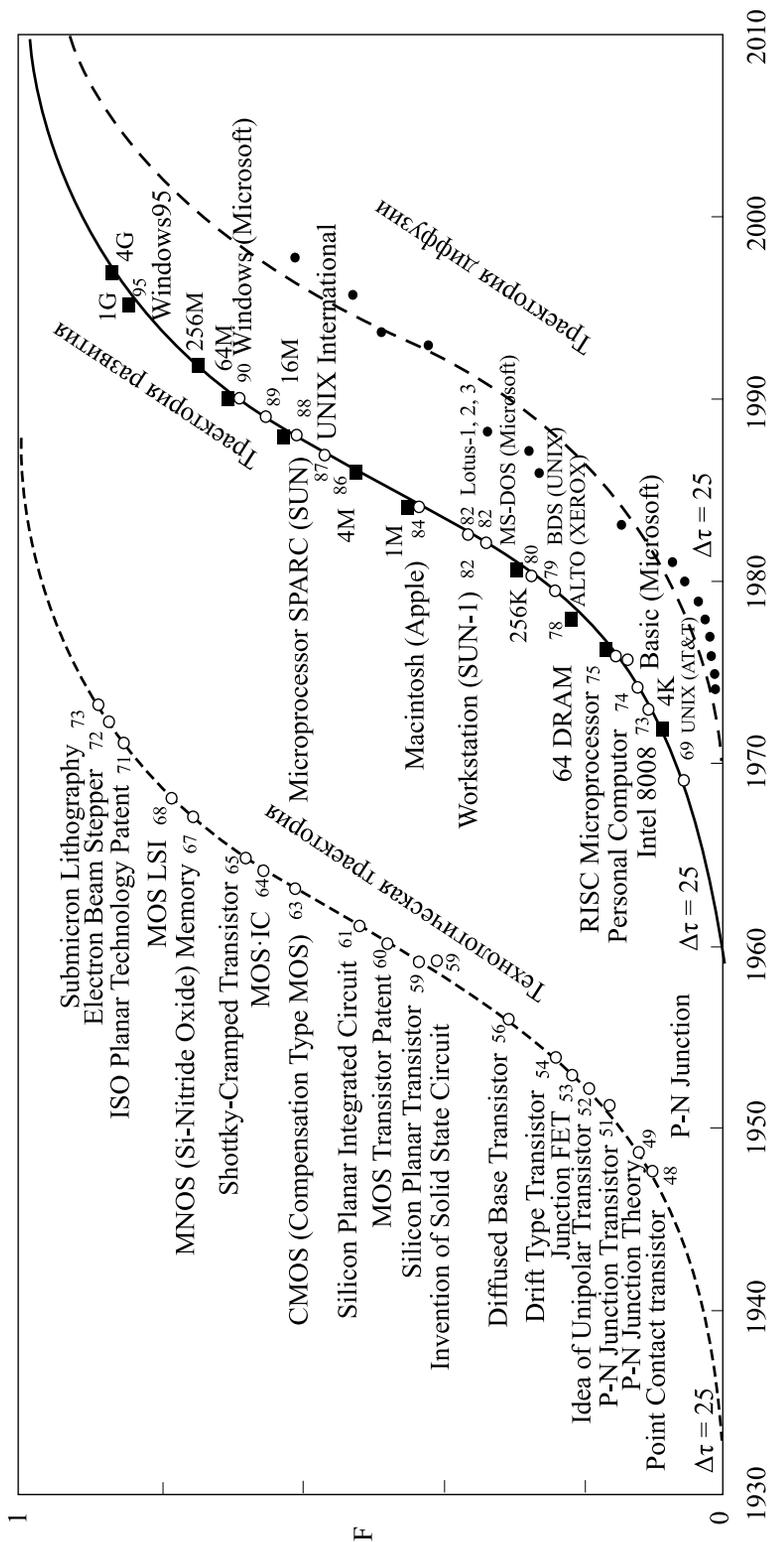


Рис. 11. Инновационная парадигма электроники

Пользуясь инновационной парадигмой Хирооки (см. рис. 10), попытаемся спрогнозировать начало подъема шестого большого цикла Кондратьева. Мы довольно точно знаем начало траектории развития нанотехнологий: *1985 год* — открытие и синтез фуллерена, разновидности углерода C_{60} , состоящего из 60 атомов углерода, располагающихся в трехмерном пространстве и образующих замкнутый сферический каркас, — первой искусственной наноструктуры; *1986 год* — создание атомно-силового микроскопа (АСМ), позволяющего видеть отдельные атомы и манипулировать ими и ставшего основным инструментом для создания новых наноструктур и их измерений [Williams, Adams, 2007]. В дальнейшем в ведущих странах мира в обоих направлениях шла весьма интенсивная широкомасштабная работа, которая увенчалась рядом замечательных достижений. Например, в области создания новых наноструктур, если следовать исключительно углеродной линии, можно отметить следующие выдающиеся достижения: *1991 год* — открытие углеродных нанотрубок с многообещающими применениями в ряде областей; *2004 год* — открытие графена, плоской углеродной пленки толщиной в один атом, которая сегодня считается наиболее перспективным материалом для наноэлектроники. В целом наноматериалы, или, как их всё чаще называют за их уникальные свойства, «умные материалы», сегодня находят применение практически во всех сферах человеческой деятельности, внося в них принципиальные новшества и революционные изменения [Рудской, 2007].

Наноинструменты также непрерывно эволюционировали и совершенствовались. В результате появились такие ключевые наноинструменты, как сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ) с компьютерным управлением, позволяющие в оперативном режиме с высокой точностью манипулировать с наночастицами; оптические пинцеты для захвата и перемещения наноструктур в трехмерном пространстве. Наноманипуляторы, снабженные пьезоэлектрическими двигателями, позволяют совершать мягкие управляемые перемещения в любых направлениях. Одним словом, наноинструменты сегодня достигли такого уровня совершенства, когда перед учеными и специалистами открываются широчайшие возможности для создания новых наноструктур, измерения их свойств, поиска новых приложений на практике. Созданы также наноинструменты производственного назначения для изготовления наночастиц и наноматериалов в требуемых рынком объемах [Williams, Adams, 2007].

Итак, мы убедились в том, что нанотехнологии (наноматериалы и наноинструменты) развиваются весьма успешно и в полном со-

ответствии с инновационной парадигмой Хирооки (см. рис. 10). Следовательно, также в соответствии с инновационной парадигмой Хирооки, в это же время, сразу после окончания технологической траектории, начнется масштабная диффузия инновационных нанопродуктов на рынки, что (с некоторым лагом) приведет к подъему экономик развитых стран, а затем и мировой экономики. В работе⁴ [Акаев и др., 2009] на основе инновационно-циклической теории экономического развития Шумпетера — Кондратьева также было показано, что нынешняя депрессия будет затяжной и продлится до 2017–2018 годов, а затем начнется подъем шестого большого цикла Кондратьева.

Таким образом, можно утверждать, что *в экономиках развитых стран в 2014–2015 годах началось оживление, а с 2018–2019 годов, после кризиса 2017 года, начнется подъем шестой длинной волны экономического развития, обусловленный мощным воздействием шестого технологического уклада, ядром которого являются NBIC-конвергентные технологии. Поэтому правительства развитых стран как ключевые акторы в данной сфере должны концентрировать все ресурсы и усилия на практическом освоении кластера NBIC-технологий, формирующих шестой технологический уклад — новую структуру мировой экономики. Период с 2016-го по 2020–2024 годы является самым благоприятным временем для освоения и распространения новой волны базисных инноваций на основе NBIC-технологий* [Акаев, Рудской, 2013].

Если взять всю совокупную отрасль NBIC-технологий, то можно сказать, что в настоящее время она развивается с ежегодным приростом в 24%. По данным Национального научного фонда США, потенциальный мировой рынок нанопродукции и нанотехнологий в 2016 году превысил 1 трлн долл. Наибольший вклад внесли такие виды нанопродукции, как наноматериалы (31%), наноэлектроника (28%) и фармацевтика (17%). Создана новая наукоемкая отрасль мировой экономики на 2 млн высококвалифицированных рабочих мест. Теперь можно ожидать мощного старта новых отраслей на основе NBIC-технологий, которые станут локомотивом шестой длинной волны экономического развития в мире.

⁴ Акаев А. А., Пантин В. И., Айвазов А. Э. Анализ динамики движения мирового экономического кризиса на основе теории циклов // Доклад на Первом Российском экономическом конгрессе, МГУ им. М. В. Ломоносова, 10.12.2009.

Литература

1. *Акаев А. А.* Большие циклы конъюнктуры и инновационно-циклическая теория экономического развития Шумпетера–Кондратьева // Экономическая наука современной России. 2013. № 2(61). С. 7–28.
2. *Акаев А. А., Коротаев А. В., Фомин А. А.* О причинах и возможных последствиях второй волны глобального кризиса // ГЛОБАЛИСТИКА-2011. Пути к стратегической стабильности и проблема глобального управления / Под ред. И. И. Абыльгазиева, И. В. Ильина. М.: МАКС-Пресс, 2011. С. 233–241.
3. *Акаев А. А., Коротаев А. В., Фомин А. А.* О причинах и возможных последствиях второй волны мирового финансово-экономического кризиса // Моделирование и прогнозирование глобального, регионального и национального развития. М: ЛИБРОКОМ, 2012. С. 305–336.
4. *Акаев А. А., Пантин В. И.* Финансово-экономические кризисы и геополитические сдвиги: анализ и прогноз // Моделирование и прогнозирование глобального, регионального и национального развития. М: ЛИБРОКОМ, 2012. С. 68–108.
5. *Акаев А. А., Рудской А. И.* Анализ и прогноз влияния шестого технологического уклада на динамику мирового экономического развития // Мировая динамика: закономерности, тенденции, перспективы. М.: ЛИБРОКОМ, 2013. С. 142–166.
6. *Акаев А. А., Рудской А. И.* Об одной математической модели для прогнозных расчетов синергетического эффекта NBIC-технологий и оценки его влияния на экономический рост в первой половине XXI века // Доклады Академии наук. 2015. Т. 461. № 4. С. 383–386.
7. *Акаев А., Садовничий В., Коротаев А.* О возможности предсказания нынешнего глобального кризиса и его второй волны // Экономическая политика. 2010. № 6. С. 39–46.
8. *Акаев А. А., Садовничий В. А., Коротаев А. В.* Взрывной рост цен на золото и нефть как предвестник мирового финансово-экономического кризиса // Доклады Академии наук. 2011. Т. 437. № 6. С. 727–730.
9. *Глазьев С. Ю.* Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: Владар, 1993.
10. *Глазьев С. Ю.* Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. М.: Экономика, 2010.
11. *Гринин Л. Е., Исаев Л. М., Коротаев А. В.* Революции и нестабильность на Ближнем Востоке. М.: Учитель, 2015.
12. *Гринин Л. Е., Коротаев А. В.* Циклы, кризисы, ловушки современной Мир-Системы. Исследование кондратьевских, жоугляровских и вековых циклов, глобальных кризисов, мальтузианских и постмальтузианских ловушек. М.: Изд-во ЛКИ/URSS, 2012.
13. *Гринин Л. Е., Коротаев А. В.* Инфляционные и дефляционные тренды мировой экономики // Век глобализации. 2014а. № 2(14). С. 14–31.
14. *Гринин Л. Е., Коротаев А. В.* Инфляционные и дефляционные тренды мировой экономики, или распространение «японской болезни» // История и математика: аспекты демографических и социально-экономических процессов: ежегодник. Волгоград: Учитель, 2014б. С. 229–253.
15. *Гринин Л. Е., Коротаев А. В.* Глобальное старение населения, шестой технологический уклад и мировая финансовая система // Кондратьевские волны: наследие и современность. Волгоград: Учитель, 2015а. С. 107–132.

16. *Гринин Л. Е., Коротаев А. В.* Дефляция как болезнь современных развитых стран // Анализ и моделирование мировой и страновой динамики: методология и базовые модели. М.: Учитель, 2015b. С. 241–270.
17. *Казанцев А. К., Киселев В. Н. Рубвальтер Д. А., Руденский О. В.* NBIC-технологии: инновационная цивилизация XXI века. М: ИНФРА-М, 2012.
18. *Ковальчук М. В.* Идеология нанотехнологий. М.: ИКЦ «Академкнига», 2011.
19. *Кондратьев Н. Д.* Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. 1925. Т. 1. № 1. С. 28–79.
20. *Кондратьев Н. Д.* Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. М: Экономика, 2002.
21. *Коротаев А. В., Гринин Л. Е.* Кондратьевские волны в Мир-системной перспективе // Кондратьевские волны: аспекты и перспективы / Под ред. А. А. Акаева, Р. С. Гринберга, Л. Е. Гринина, А. В. Коротаева, С. Ю. Малкова. Волгоград: Учитель, 2012. С. 58–109.
22. *Коротаев А. В., Зинькина Ю. В.* Египетская революция 2011 года: социодемографический анализ // Историческая психология и социология истории. 2011. Т. 4. № 2. С. 5–29.
23. *Коротаев А. В., Ходунов А. С., Бурова А. Н., Малков С. Ю., Халтурина Д. А., Зинькина Ю. В.* Социально-демографический анализ Арабской весны // Арабская весна 2011 года. Системный мониторинг глобальных и региональных рисков. М.: ЛИБРОКОМ/URSS, 2012. С. 28–76.
24. *Коротаев А. В., Цирель С. В.* Кондратьевские волны в мир-системной экономической динамике // Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики / Под ред. А. А. Акаева, А. В. Коротаева, Г. Г. Малинецкого. М.: ЛКИ/URSS, 2010. С. 5–69.
25. *Перминов С. Б.* Информационные технологии как фактор экономического роста. М.: Наука, 2007.
26. Прайд В., Коротаев А. (ред.). *Новые технологии и продолжение эволюции человека.* М.: URSS, 2008.
27. *ПРМЭ.* Перспективы развития мировой экономики: неравномерный рост; краткосрочные и долгосрочные факторы. Бюллетень МВФ. 2015, апрель.
28. *ПРМЭ.* Перспективы развития мировой экономики: адаптация к снижению цен на биржевые товары. Бюллетень МВФ. 2015, октябрь.
29. *ПРМЭ.* Бюллетень МВФ. 2016, январь.
30. *Рудской А. И.* Нанотехнологии в металлургии. СПб: Наука, 2007.
31. *Сорнетте Д.* Как предсказывать крахи финансовых рынков: критические события в сложных финансовых системах. М.: И-трейд, 2008.
32. *Akaev A. A., Fomin A. A., Korotayev A. V.* The Second Wave of the Global Crisis? On mathematical analyses of some dynamic series // Structure and Dynamics (UC Irvine). 2011. Vol. 5. No 1. P. 1–10.
33. *Akaev A., Fomin A., Tsirel S., Korotayev A.* Log-periodic oscillation analysis forecasts the burst of the “gold bubble” in April-June 2011 // Structure and Dynamics (UC Irvine). 2010. Vol. 4. No 3. P. 1–11.
34. *Akaev A. A., Sadovnichy V. A., Korotayev A. V.* On the dynamics of the world dynamics of the world demographic transition and financial-economic crises forecasts // The European Physical Journal, Special Topics. 2012. Vol. 205. P. 355–373.
35. *Bainbridge W. S., Roko M.* Managing nano-bio-info-cogno innovations // Converging Technologies in Society. Dordrecht: Springer, 2006.
36. *Grinin L., Korotayev A., Tausch A.* Economic cycles, crises, and the global periphery. Heidelberg — New York — London: Springer, 2016.

37. *Grinin L., Tsirel S., Korotayev A.* Will the explosive growth of China continue? // *Technological Forecasting and Social Change*. 2015. Vol. 95. P. 294–308.
38. *Hirooka M.* Innovation dynamism and economic growth. A Nonlinear Perspective. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2006.
39. *IMF.* World economic outlook database. Washington, DC: International Monetary Fund, 2016.
40. *MF.* *World Economic Outlook. Subdued Demand. Symptoms and Remedies.* Washington, DC: International Monetary Fund, October 2016.
41. *Johansen A., Sornette D.* Critical crashes // *Risk*. 1999. Vol. 12. No 1. P. 91–94.
42. *Johansen A., Sornette D.* Finite-time singularity in the dynamics of the world population and economic indices // *Physica A*. 2001. Vol. 294. No 3–4. P. 465–502.
43. *Johansen A., Sornette D., Ledoit O.* Predicting financial crashes using discrete scale invariance // *Journal of Risk*. 1999. Vol. 1. No 4. P. 5–32.
44. *Johansen A., Sornette D., Wakita H., Tsunogai U., Newman W. I., Saleur H.* Discrete scaling in earthquake pre-cursory phenomena: Evidence in the Kobe earth-quake, Japan // *Journal de Physique I*. 1996. Vol. 6. No 10. P. 1391–1402.
45. *Korotayev A. V., Grinin L. E.* Kondratieff waves in the world system perspective // *Kondratieff Waves*. 2012. Vol. 1. P. 23–64.
46. *Korotayev A., Zinkina J., Bogevolnov J.* Kondratieff waves in global invention activity (1900–2008) // *Technological Forecasting & Social Change*. 2011. Vol. 78. P. 1280–1284.
47. *Marchetti C., Nakicenovic N.* The dynamics of energy systems and the logistic substitution model / International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 1979. RR79–13.
48. *Mensch G.* Stalemate in technology — innovations overcame the depression. New York: Ballinger Publishing Company, 1979.
49. *Roko M. C.* The long view of nanotechnology development: The National Nanotechnology Institute at 10 years // *Journal of Nanoparticle Research*. 2011. Vol. 12. P. 427–445.
50. *Roko M., Bainbridge W. S.* Converging technologies for improving human performance // *WTEC*, 2003.
51. *Sornette D.* Why stock markets crash: Critical events in complex financial systems. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 2004.
52. *Sornette D., Johansen A.* Large financial crashes // *Physica A*. 1997. Vol. 245. No 3–4. P. 411–422.
53. *Sornette D., Johansen A.* A hierarchical model of financial crashes // *Physica A*. 1998. Vol. 261. No 3–4. P. 351–358.
54. *Sornette D., Johansen A.* Significance of log-periodic precursors to financial crashes // *Quantitative Finance*. 2001. Vol. 1. No 4. P. 452–471.
55. *Sornette D., Sammis C. G.* Complex critical exponents from renormalization group theory of earthquakes: Implications for earthquake predictions // *Journal de Physique I*. 1995. Vol. 5. No 5. P. 607–619.
56. *Sornette D., Woodard R., Zhou W.-X.* The 2006–2008 oil bubble: Evidence of speculation, and prediction // *Physica A*. 2009. Vol. 388. P. 1571–1576.
57. *Williams L., Adams W.* Nanotechnology. New York: McGraw-Hill, 2007.
58. *WIPO.* World Intellectual Property Organization database. 2016. Available at: <http://www.wipo.int/portal/en/index.html/>.
59. *World Bank.* World Development Indicators Online. Washington, DC: World Bank, Electronic version, 2016. Available at: <http://data.worldbank.org/indicator/>.

Askar A. AKAEV, Dr. Sci. (Techn.), professor, Institute of Mathematical Investigations of Complex Systems at Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation); Laboratory for Monitoring of Sociopolitical Destabilization Risks of the National Research University Higher School of Economics (20, Myasnitskaya, Moscow, 101000, Russian Federation).
E-mail: aakaev@hse.ru

Andrey V. KOROTAYEV, Dr. Sci. (Hist.), professor, Laboratory for Monitoring of Sociopolitical Destabilization Risks of the National Research University Higher School of Economics (20, Myasnitskaya, Moscow, 101000, Russian Federation); International Laboratory for Demography and Human Capital of RANEPА (82, prosp. Vernadskogo, Moscow, 119571, Russian Federation).
E-mail: akorotayev@gmail.com

Toward Forecasting Global Economic Dynamics of the Forthcoming Years

Abstract

The paper analyzes the current state of the world economy and offers a short-term forecast of its development. Our analysis of log-periodic oscillations in the DJIA dynamics suggests that in the second half of 2017 the United States and other more developed countries could experience a new recession, due to the third phase of the global financial crisis. The economies of developing countries will continue their slowdown due to lower prices of raw commodities and the increased pressure of dollar debt load. The bottom of the slowdown in global economic growth is expected to be achieved in 2017–2018. Then we expect the start of a new acceleration of global economic growth at the upswing phase of the 6th Kondratieff cycle (2018–2050). This upswing will be driven by the development of the 6th technological paradigm whose core is being created by the NBIC-convergence (that is the convergence of nano-, bio-, information, and cognitive technologies). A speedy and steady withdrawal from the third phase of the global financial crisis requires cooperative action between developed and developing countries within G20 to stimulate global demand, world trade and a fair solution of the debt problem of developing countries. On the other hand, the governments of the technologically advanced countries should concentrate resources and efforts on the stimulation of the practical application of the NBIC-technologies because they form the core of the 6th technological paradigm and a new structure of the world economy. The period between 2017 and 2024 is the most favorable for the mastering and diffusion of the breakthrough innovations of the 6th Kondratieff wave.

Keywords: global economic dynamics, Kondratieff economic cycles, global crisis, financial crisis, forecast.

JEL: E32, E37, F01, F63.

References

1. Akaev A. A. Bol'shiye tsikly kon'yunktury i innovatsionno-tsiklicheskaya teoriya ekonomicheskogo razvitiya Shumpetera-Kondrat'yeva [Big cycles of conjuncture and Schumpeter-Kondratieff innovation-cyclical theory of economic development]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii [Economic science of modern Russia]*, 2013, no. 2(61), pp. 7-28.

2. Akaev A. A., Korotayev A. V., Fomin A. A. O prichinakh i vozmozhnykh posledstviyakh vtoroy volny global'nogo krizisa [On the causes and possible consequences of the second wave of the global crisis]. In: I. I. Abyl'gazyev, I. V. Il'in (eds.). *GLOBALISTIKA-2011. Puti k strategicheskoy stabil'nosti i problema global'nogo upravleniya [Global Studies-2011. Ways to strategic stability and the problem of global governance]*. Moscow: MAKS-Press, 2011, pp. 233-241.
3. Akaev A. A., Korotayev A. V., Fomin A. A. O prichinakh i vozmozhnykh posledstviyakh vtoroy volny mirovogo finansovo-ekonomicheskogo krizisa [On the causes and possible consequences of the second wave of the global financial and economic crisis]. In: *Modelirovaniye i prognozirovaniye global'nogo, regional'nogo i natsional'nogo razvitiya [Modeling and forecasting of the global, regional and national development]*. Moscow: LIBROKOM, 2012, pp. 305-336.
4. Akaev A. A., Pantin V. I. Finansovo-ekonomicheskiye krizisy i geopoliticheskiye sdvigi: analiz i prognoz [On the causes and possible consequences of the second wave of the global financial and economic crisis]. In: *Modelirovaniye i prognozirovaniye global'nogo, regional'nogo i natsional'nogo razvitiya [Modeling and forecasting of the global, regional and national development]*. Moscow: LIBROKOM, 2012, pp. 68-108.
5. Akaev A. A., Rudskoy A. I. Analiz i prognoz vliyaniya shestogo tekhnologicheskogo ukлада na dinamiku mirovogo ekonomicheskogo razvitiya [Analysis and forecast of the impact of the sixth technological paradigm on the dynamics of world economic development]. In: *Mirovaya dinamika: Zakonomernosti, tendentsii, perspektivy [The global dynamics: Patterns, trends, and prospects]*. Moscow: LIBROKOM, 2013, pp. 142-166.
6. Akaev A. A., Rudskoy A. I. Ob odnoy matematicheskoy modeli dlya prognoznnykh raschetov sinergeticheskogo effekta NBIC tekhnologii i otsenki yego vliyaniya na ekonomicheskyy rost v pervoy polovine XXI veka [A mathematical model for forecasting NBIC-technology synergies and the evaluation of their impact on economic growth in the first half of the 21st century]. *Doklady Akademii nauk [Herald of the Russian Academy of Sciences]*, 2015, vol. 461, no. 4, pp. 383-386.
7. Akaev A., Sadovnichy V., Korotayev A. O vozmozhnosti predskazaniya nyneshnego global'nogo krizisa i yego vtoroy volny [On the possibility of predicting the current global crisis and its second wave]. *Ekonomicheskaya politika [Economic Policy]*, 2010, no. 6, pp. 39-46.
8. Akaev A. A., Sadovnichiy V. A., Korotayev A. V. Vzryvnoy rost tsen na zoloto i neft' kak predvestnik mirovogo finansovo-ekonomicheskogo krizisa [The explosive growth of prices of gold and oil as a harbinger of the global financial and economic crisis]. *Doklady Akademii nauk [Herald of the Russian Academy of Sciences]*, 2011, vol. 437, no. 6, pp. 727-730.
9. Glaz'yev S. Y. *Teoriya dolgosrochnogo tekhniko-ekonomicheskogo razvitiya [Theory of long-term technical and economic development]*. Moscow: Vladar, 1993.
10. Glaz'yev S. Y. *Strategiya operezhayushchego razvitiya Rossii v usloviyakh global'nogo krizisa [Strategy of advancing the development of Russia within the context of the global crisis]*. Moscow: Ekonomika, 2010.
11. Grinin L. E., Issaev L. M., Korotayev A. V. *Revolyuitsii i nestabil'nost' na Blizhnem Vostoke [Revolutions and instability in the Middle East]*. Moscow: Uchitel, 2015.
12. Grinin L. E., Korotayev A. V. *Tsikly, krizisy, lovushki sovremennoy Mir-Sistemy. Issledovaniye kondrat'yevskikh, zhyuglyarovskikh i vekovykh tsiklov, global'nykh krizisov, mal'tuzianskikh i postmal'tuzianskikh lovushek [Cycles, crises, traps of the modern World System. A study of Kondratieff, Juglar, and secular cycles, global crises, Malthusian and post-Malthusian traps]*. Moscow: LKI/URSS, 2012.

13. Grinin L. E., Korotayev A. V. Inflyatsionnyye i deflyatsionnyye trendy mirovoy ekonomiki [Inflationary and deflationary trends in the world economy]. *Vek globalizatsii [Age of Globalization]*, 2014a, no. 2(14), pp. 14-31.
14. Grinin L. E., Korotayev A. V. Inflyatsionnyye i deflyatsionnyye trendy mirovoy ekonomiki, ili rasprostraneniye «yaponskoy bolezni» [Inflationary and deflationary trends in the world economy, or the spread of “Japanese disease”]. *Istoriya i matematika: Aspekty demograficheskikh i sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov* [History and mathematics: Aspects of demographic and socio-economic processes]. Volgograd: Uchitel', 2014b, pp. 229-253.
15. Grinin L. E., Korotayev A. V. Global'noye starenie naseleniya, shestoy tekhnologicheskoy uklad i mirovaya finansovaya Sistema [Global population aging, the sixth technological paradigm and the global financial system]. *Kondrat'yevskiy volny: Naslediye i sovremennost'* [Kondratieff waves: Heritage and modernity]. Volgograd: Uchitel', 2015a, pp. 107-132.
16. Grinin L. E., Korotayev A. V. Deflyatsiya kak bolezni' sovremennykh razvitykh stran [deflation as a disease of modern developed countries]. *Analiz i modelirovaniye mirovoy i stranovoy dinamiki: Metodologiya i bazovyye modeli* [Analysis and modeling of the dynamics of the world and the country: A methodology and basic models]. Moscow: Uchitel', 2015b, pp. 241-270.
17. Kazantsev A. K., Kiselev V. N. Rubval'ter D. A., Rudenskiy O. V. *NBIC-tekhnologii: Innovatsionnaya tsivilizatsiya XXI veka* [NBIC-technologies. Innovative civilization of the 21st century]. Moscow: INFRA-M, 2012.
18. Koval'chuk M. V. *Ideologiya nanotekhnologiy [Nanotechnology ideology]*. Moscow: Akademkniga, 2011.
19. Kondratieff N. D. Bol'shiye tsikly kon"yunktury [Long cycles of conjuncture]. *Voprosy kon"yunktury [Issues of Conjuncture]*, 1925, vol. 1, no. 1, pp. 28-79.
20. Kondratieff N. D. *Bol'shiye tsikly kon"yunktury i teoriya predvideniya* [Long cycles of conjuncture and the theory of foresight]. Moscow: Ekonomika, 2002.
21. Korotayev A. V., Grinin L. E. Kondrat'yevskiy volny v mir-sistemnoy perspektive [Kondratieff waves in the World System perspective]. In: A. A. Akaev, R. S. Grinberg, L. E. Grinin, A. V. Korotayev, S. Y. Malkov (eds.). *Kondrat'yevskiy volny: Aspekty i perspektivy [Kondratieff wave: Issues and perspectives]*. Volgograd: Uchitel, 2012. P. 58-109.
22. Korotayev A. V., Zinkina J. V. Egipetskaya revolyutsiya 2011 goda: Sotsiodemograficheskiy analiz [Egyptian revolution of 2011: A socio-demographic analysis]. In: *Istoricheskaya psikhologiya i sotsiologiya istorii [Historical Psychology and Sociology of History]*, 2011, vol. 4, no. 2, pp. 5-29.
23. Korotayev A. V., Khodunov A. S., Burova A. N., Malkov S. Y., Khaltourina D. A., Zinkina J. V. Sotsial'no-demograficheskiy analiz Arabskoy vesny [Socio-demographic analysis of the Arab Spring]. In: *Arabskaya vesna 2011 goda. Sistemnyy monitoring global'nykh i regional'nykh riskov [Arab Spring of 2011. Systemic monitoring of global and regional risks]*. Moscow: LIBROKOM / URSS, 2012, pp. 28-76.
24. Korotayev A. V., Tsirel S. V. Kondrat'yevskiy volny v mir-sistemnoy ekonomicheskoy dinamike [Kondratieff waves in the World System dynamics]. In: A. A. Akaev, A. V. Korotayev, G. G. Malinetsky (eds.). *Prognoz i modelirovaniye krizisov i mirovoy dinamiki [Forecast and modeling of crises and world dynamics]*. Moscow: LKI / URSS, 2010. P. 5-69.
25. Perminov S. B. *Informatsionnyye tekhnologii kak faktor ekonomicheskogo rosta [Information technologies as a factor of economic growth]*. Moscow: Nauka, 2007.
26. Pride V., Korotayev A. (eds.). *Novyye tekhnologii i prodolzheniye evolyutsii cheloveka [New technologies and the continuation of human evolution]*. Moscow: URSS, 2008.

27. IMF. *World Economic Outlook*. IMF Bulletin (in Russian), 2015, April.
28. IMF. *World Economic Outlook*. IMF Bulletin (in Russian), 2015, October.
29. IMF. *World Economic Outlook*. IMF Bulletin (in Russian), 2016, January.
30. Rudskoy A. I. *Nanotekhnologii v metallurgii [Nanotechnologies in the metallurgy]*. St. Petersburg: Nauka, 2007.
31. Sornette D. *Kak predskazyvat' krakhi finansovykh rynkov: Kriticheskiye sobyitiya v slozhnykh finansovykh sistemakh [How to predict the collapse of financial markets: Critical events in complex financial systems]*. Moscow: I-trade, 2008.
32. Akaev A. A., Fomin A. A., Korotayev A. V. The second wave of the global crisis? On mathematical analyses of some dynamic series. *Structure and Dynamics (UC Irvine)*, 2011, vol. 5, no. 1, pp. 1-10.
33. Akaev A., Fomin A., Tsirel S., Korotayev A. Log-periodic oscillation analysis forecasts the burst of the "gold bubble" in April-June 2011. *Structure and Dynamics (UC Irvine)*, 2010, vol. 4, no. 3, pp. 1-11.
34. Akaev A. A., Sadovnichy V. A., Korotayev A. V. On the dynamics of the world demographic transition and financial-economic crises forecasts. *The European Physical Journal, Special Topics*, 2012, vol. 205, pp. 355-373.
35. Bainbridge W. S., Roko M. *Managing nano-bio-info-cogno innovations. Converging Technologies in Society*. Dordrecht: Springer, 2006.
36. Grinin L., Korotayev A., Tausch A. *Economic cycles, crises, and the global periphery*. Heidelberg — New York — London: Springer, 2016.
37. Grinin L., Tsirel S., Korotayev A. Will the explosive growth of China continue? *Technological Forecasting and Social Change*, 2015, vol. 95, pp. 294-308.
38. Hirooka M. *Innovation dynamism and economic growth. A nonlinear perspective*. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2006.
39. IMF. *World Economic Outlook Database*. Washington, DC: International Monetary Fund, 2016.
40. IMF. *World Economic Outlook. Subdued Demand. Symptoms and Remedies*. Washington, DC: International Monetary Fund, October 2016.
41. Johansen A., Sornette D. Critical Crashes. *Risk*, 1999, vol. 12, no. 1, pp. 91-94.
42. Johansen A., Sornette D. Finite-time singularity in the dynamics of the world population and economic indices. *Physica A*, 2001, vol. 294, no. 3-4, pp. 465-502.
43. Johansen A., Sornette D., Ledoit O. Predicting financial crashes using discrete scale invariance. *Journal of Risk*, 1999, vol. 1, no. 4, pp. 5-32.
44. Johansen A., Sornette D., Wakita H., Tsunogai U., Newman W. I., Saleur H. Discrete scaling in earthquake pre-cursory phenomena: Evidence in the Kobe earth-quake, Japan. *Journal de Physique I*, 1996, vol. 6, no. 10, pp. 1391-1402.
45. Korotayev A. V., Grinin L. E. Kondratieff waves in the world system perspective. *Kondratieff Waves*, 2012, vol. 1, pp. 23-64.
46. Korotayev A., Zinkina J., Bogevolnov J. Kondratieff waves in global invention activity (1900-2008). *Technological Forecasting & Social Change*, 2011, vol. 78, pp. 1280-1284.
47. Marchetti C., Nakicenovic N. *The dynamics of energy systems and the logistic substitution model*. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 1979, RR79-13.
48. Mensch G. *Stalemate in technology — innovations overcame the depression*. NY: Ballinger Publishing Company, 1979.
49. Roko M. C. The long view of nanotechnology development: The National Nanotechnology Institute at 10 years. *Journal of Nanoparticle Research*. 2011, vol. 12, pp. 427-445.

50. Roko M., Bainbridge W.S. Converging technologies for improving human performance. WTEC, 2003.
51. Sornette D. *Why stock markets crash: critical events in complex financial systems*. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 2004.
52. Sornette D., Johansen A. Large financial crashes. *Physica A*, 1997, vol. 245, no. 3-4, pp. 411-422.
53. Sornette D., Johansen A. A hierarchical model of financial crashes. *Physica A*, 1998, vol. 261, no. 3-4, pp. 351-358.
54. Sornette D., Johansen A. Significance of log-periodic precursors to financial crashes. *Quantitative Finance*, 2001, vol. 1, no. 4, pp. 452-471.
55. Sornette D., Sammis C. G. Complex critical exponents from renormalization group theory of earthquakes: Implications for earthquake predictions. *Journal de Physique I*, 1995, vol. 5, no. 5, pp. 607-619.
56. Sornette D., Woodard R., Zhou W.-X. The 2006-2008 oil bubble: Evidence of speculation, and prediction. *Physica A*, 2009, vol. 388, pp. 1571-1576.
57. Williams L., Adams W. *Nanotechnology*. NY: McGraw-Hill, 2007.
58. WIPO. *World Intellectual Property Organization database*, 2016. Available at: <http://www.wipo.int/portal/en/index.html/>.
59. World Bank. *World Development Indicators Online*. Washington, DC: World Bank, Electronic version, 2016. Available at: [http:// data.worldbank.org/indicator/](http://data.worldbank.org/indicator/).