

А. А. Фомин  
с комментариями А. В. Коротаева и  
Л. Е. Гринина

15 января 2016 г.

## **Отрицательный нефтяной ценовой пузырь может лопнуть в марте-мае 2016 года? Опыт прогноза на основе закона лог-периодической динамики и некоторые практические рекомендации**

<b>Введение. Executive Summary .....</b>	<b>1</b>
<b>Лог-периодическая параметризация .....</b>	<b>4</b>
<b>Крупный отрицательный пузырь. ....</b>	<b>5</b>
<b>«Мелкий» отрицательный (под) пузырь. ....</b>	<b>7</b>
<b>Его экстраполяция в будущее.....</b>	<b>8</b>
<b>Обоснование того, что это именно отрицательный пузырь.....</b>	<b>9</b>
<i>Вариант параметризации антипузырём. ....</i>	<i>9</i>
<i>Более крупная альтернатива «мелкого» отрицательного пузыря.....</i>	<i>10</i>
<b>Оценка точности точки сингулярности отрицательного подпузыря.....</b>	<b>12</b>
<i>Оценка нижней границы точки сингулярности. ....</i>	<i>13</i>
<i>Оценка верхней границы точки сингулярности. ....</i>	<i>14</i>
<b>Заключение .....</b>	<b>15</b>
<b>Литература.....</b>	<b>15</b>

### **Введение. Executive Summary**

Анализ данных с помощью лог-периодической параметризации динамики цены на нефть позволил (крайне примерно) оценить дату, когда цена на нефть в стремительном падении достигнет абсолютно минимального уровня (соответствующей т.н. точке сингулярности), после которой произойдет достаточно быстрый отскок, а ускоряющееся падение цены, начавшееся с середины 2014 года, прекратится. Это – 24 марта – 15 мая 2016 года.

Аналогичная оценка (но более точная) была сделана для даты лопания ближайшего отрицательного «подпузыря» – 19.01–02.02.2016 (важно, что эта оценка позволит проверить точность разработанного прогноза уже в самые ближайшие дни). Но это не значит, что потом начнется непрерывный глобальный рост – падение вскоре снова продолжится, достигая все новых минимумов. И прекратится лишь после прохождения вышеупомянутой точки сингулярности в промежутке между 24 марта и 15 мая 2016 года.

Важным результатом является также то, что проведенные расчеты показали, что после середины 2014 года на мировом рынке нефти мы имеем дело не с антипузырем (при котором падение цен идет в затухающем и практически неостановимом режиме), а с отрицательным пузырем, при котором падение цен идет в ускоряющемся режиме, когда вблизи точки сингулярности могут наблюдаться особо впечатляющие обвалы, способные

оказать наиболее мощное дестабилизирующее воздействие. Но, с другой стороны, отрицательные пузыри способны в большей степени поддаваться манипуляциям со стороны макроигроков.

### ***Предварительный комментарий полученных результатов***

В текущей ситуации, когда цена на нефть марки Brent опустилась в диапазон 28–30 долларов за баррель, и (как показывают приведенные ниже результаты) если руководство РФ продолжит свой текущий курс отдавать динамику цен на нефть на откуп биржевым спекулянтам, опустится еще существенно ниже (и при этом – скачкообразным образом), представляется необходимым приступить к проведению Россией более активной политики на глобальном нефтяном рынке (через надежные российские и иностранные брокерские компании). По крайней мере, можно сделать это в виде эксперимента, при удачном проведении которого такую стратегию можно сделать постоянной. Поскольку стоимость нефти и курс рубля имеют достаточно четкую корреляцию, дальнейшее снижение цены на нефть грозит дальнейшим падением стоимости рубля по отношению к другим валютам, что может вести к опасности дестабилизации. Поэтому в текущей ситуации поддержание курса российского рубля представляется целесообразным осуществлять не только через влияние ЦБ на валютные курсы (в т.ч. путем прямого участия в покупке валюты для поддержания курса), но в дополнение к этому также а через целенаправленную скупку излишков нефти марки Brent на мировом рынке.

В целом, крайне опасным представляется утвердившееся у нас отношение к нефтяным ценам как к экзогенно задаваемому «космическому» параметру, к динамике которого наша страна может только приспособливаться. В реальности речь идет о совершенно модифицируемом параметре, на который, несомненно, пытаются влиять прямо или косвенно США, Саудовская Аравия и другие страны, и на который Россия также должна активно влиять.

Такое влияние необходимо осуществлять через целенаправленные операции (прежде всего покупку) на сырьевых биржах, с целью влиять на динамику цены на нефть. Избыток нефти на мировом рынке грубо оценивается в 2 миллиона баррелей в день<sup>1</sup>. При текущих ценах даже стоимость всего избытка предложения нефти составляет 64–70 миллионов долларов. Речь, таким образом, идет о совершенно подъемной для России сумме (которая к тому же станет еще более подъемной в случае дальнейшего падения цен на нефть). Но, разумеется, речь должна идти не о скупке излишков любой нефти, а об излишках нефти именно марки Brent, объем добычи которой составляет всего несколько процентов от общемировой добычи, а значит обойтись можно на порядок меньшими суммами и при этом суммами, несоизмеримо меньшими, чем те, что которые теряет наш экспорт и

<sup>1</sup> См., например: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-11-30/opeac-rivals-become-unwitting-allies-in-push-for-oil-market-share>; <http://www.reuters.com/article/us-global-oil-idUSKBN0UB01X20151228>.

бюджет от падения цен на нефть даже на 1 дол/бар. (и даже существенно меньшими, чем может тратить ЦБ на поддержание курса рубля). К тому же возможности восстановить излишек нефти марки Brent через наращивание ее добычи крайне ограничены из-за истощенности большинства из тех североморских месторождений, где нефть этой марки добывается. Поскольку цены на Brent и российскую нефть марки Urals тесно увязаны, соответственно повышение цены на Brent позволит пропорционально повесить и цены на российскую нефть. С учетом того, что в бюджет 2016 года заложена цена на нефть 50 дол/бар, в настоящий момент необходимо бороться за каждый доллар повышения к цене, чтобы можно было выполнить принятые параметры бюджета

Нефть марки Brent является исключительно высоколиквидным товаром, а посему ее скупку целесообразно было бы рассматривать не как разбазаривание золотовалютных резервов РФ, а как их диверсификацию. Целенаправленную скупку излишков нефти марки Brent достаточно было бы производить в течение нескольких дней вплоть до формирования достаточно устойчивого восходящего тренда, после этого часть скупленной нефти имело бы смысл продать (по цене заметно более высокой, чем закупочная) для обратного пополнения долларовых запасов. Риск в случае неудачи, повторяем, не слишком велик, а выгоды могут быть крупными и очевидными. В экстраординарных условиях необходимо применять иногда нестандартные меры.

Расчеты, проведенные сотрудниками Лаборатории мониторинга рисков социально-политической дестабилизации НИУ ВШЭ Центра долгосрочного прогнозирования и стратегического планирования при МГУ (см. ниже) показывают, что в настоящее время на рынке нефти мы имеем дело с чем-то вроде пузыря наоборот (отрицательного пузыря, когда цены падают «вопреки всякой логике», прежде всего в результате спекулятивной деятельности на биржах)<sup>2</sup>. При этом при естественном развитии событий в ближайшие недели нефть может опуститься еще существенно ниже. В настоящее время спекулянты играют на то, чтобы добиться максимального падения цены на нефть, чтобы потом максимально заработать на отскоке. Однако такая стратегии «медведей» приведет к большим потерям и рискам для России. Поэтому задачей наших властей должны стать максимально возможное смягчение этого падения для нефти марки Brent и привязанных к ней марок (а в дальнейшем и поддержание/ускорение восходящего тренда, который начнется после прохождения точки сингулярности). Для чего и предлагается осуществить своего рода интервенцию, чтобы фактически искусственно снизить предложение на рынке нефти марки Brent. Повторим, что надо попытаться перейти от попыток подстраивания под экзогенно задаваемую

---

<sup>2</sup> Пузырь на нефтяном рынке был в 2009–2014 годах, когда глобальные цены на нефть были искусственно загнаны на уровень выше 100 долларов за баррель благодаря проводившейся США политике количественного смягчения, приведшей к избытку долларовой ликвидности на мировом рынке и облегчившей игру спекулянтов на нефтяном рынке на повышение. Прекращение политики количественного смягчения привело к тому, что игра спекулянтов на повышение на нефтяном рынке стала для них значительно менее интересной, и они ушли в спекуляцию иными более интересными для них активами.

нашими оппонентами либо людьми, для которых интересы России ничего не значат, динамику цен на нефть, к активному воздействию на их динамику, в какой-то степени компенсируя отсутствие на нефтяном рынке спекулянтов-быков. В любом случае, расчеты показывают, что рынок нефти сейчас находится в особо турбулентном состоянии, когда даже относительно небольшая, но настойчивая интервенция может оказаться способной переломить тренд.

Подчеркиваем, что мы предлагаем

- 1) скупать только бумажную нефть (фьючерсы и т.п.) и ни в коем случае не нефть в натуральном виде (хотя в более дальней перспективе РФ имело бы смысл подумать и о создании собственных резервных нефтехранилищ, аналогичных американским). При этом предлагается скупать в критические периоды не всю излишнюю нефть, а только некоторый объем обязательств по марке Brent, каковой составляет не более нескольких процентов от общего объема реализуемой нефти на биржах. Соответственно, продажа скупленных фьючерсов может быть сделана в любой удобный для этого момент;
- 2) поддерживать цены скупкой фьючерсов и других обязательств не постоянно, а только в критические периоды, когда ценовой тренд идет заметно вниз. Такие периоды не могут быть слишком длительными, по нашему мнению, не более нескольких недель. Нельзя рассчитывать, что удастся очень долго удерживать разницу в ценах между разными марками нефти, но на определенный период это возможно;
- 3) задача предложенной акции смягчить потери для бюджета и нефтяников от падения цен на нефть, которые происходят в результате целенаправленных биржевых операций на понижение, то есть быть противовесом для такого рода «медвежьих» спекуляций. Данные предложения не рассчитаны на то, чтобы полностью переломить ситуацию с ценами на нефть, но в то же время при удаче позволят выиграть сотни миллионов или даже миллиарды долларов;
- 4) в то же время речь в нашем предложении идет о сравнительно небольших суммах, нужных для начала операции (предположительно, в несколько десятках миллионов долларов). При удаче операции, то есть предотвращении дальнейшего падения цен на нефть и тем более при их повышении, все деньги возвращаются и может быть даже прибыль (при повышении цен). Потери же, если операция не удастся, составят всего несколько процентов от общей суммы, так как речь идет лишь разнице в цене, а поскольку эти потери можно захеджировать, то потери будут и вовсе минимальные.

### **Лог-периодическая параметризация**

В ряде основополагающих работ Дидье Сорнетта, Андерса Йохансена и их сотрудников (Сорнетте 2008; Sornette 2004; Sornette, Johansen 1997, 1998, 2001; Sornette, Sammis 1995; Sornette, Woodard, Zhou 2009; Johansen, Sornette 1999, 2001; Johansen, Sornette, Ledoit 1999; Johansen *et al.* 1996) было показано, что ускоряющиеся лог-периодические колебания,

накладывающиеся на взрывной возрастающий тренд, описываемый степенной функцией с квазисингулярностью в конечный момент времени  $t_c$ , наблюдается в ситуациях, ведущих к катастрофам и служат их предвестниками, позволяющими прогнозировать эти события. Примерами могут служить лог-периодические колебания индекса Доу-Джонса, предшествовавшие краху на крупнейших финансовых рынках акций (Sornette, Johansen 1997) или изменения концентрации ионов в подземных водах перед разрушительным землетрясением в Кобе (17 января 1995 г.), также хорошо описываемые лог-периодическими колебаниями, накладывающимися на степенной возрастающий тренд (Johansen et al. 1996).

Как показали эти исследования, то, что именуется пузырем, имеет вполне определенное, математическое выражение:

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

или

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

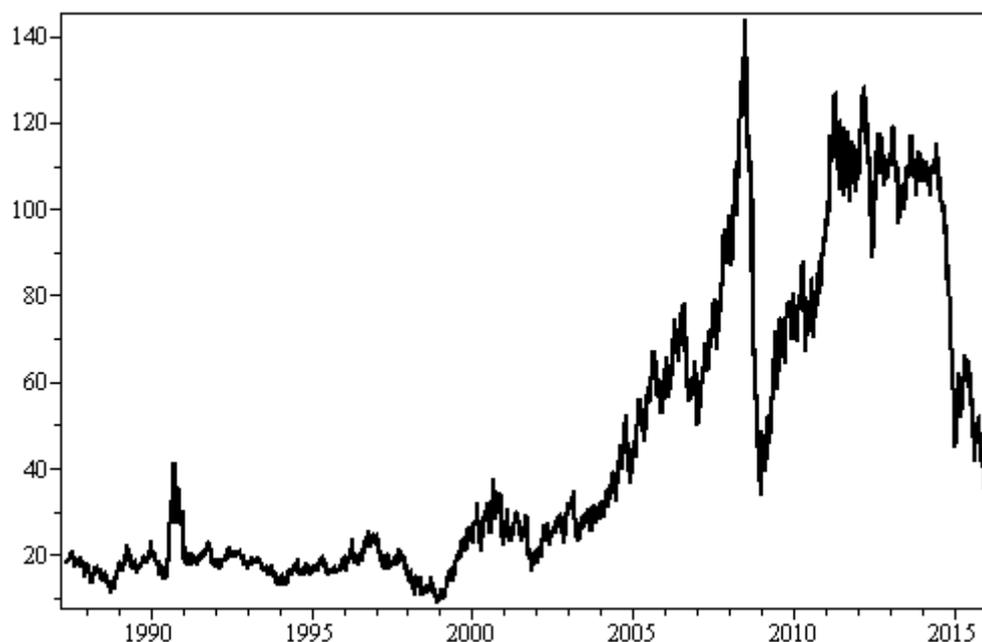
Здесь  $p(t)$  – некоторый показатель финансовых (или товарных) рынков (например, цена нефти). В случае достаточно длительного интервала времени вместо цены (или других показателей) более точный результат может давать использование логарифма цены (или других показателей).  $A$  (или  $p_{max}$ ) – максимальная (или, как мы это увидим ниже, минимальная) величина, которую соответствующий показатель может достичь в критической момент времени  $t_c$ , именуемый далее точкой квазисингулярности. В качестве такого показателя может быть так же и курс доллара по отношению к какой-либо валюте или товару (скажем, золоту или нефти). 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 «скачек». Не стремится она к бесконечности за счёт того, что константа  $m$  – отрицательная, а константа  $\alpha$  – положительная. Упомянутые осцилляции называют так же лог-периодическими осцилляциями, потому что в логарифмическом масштабе времени, когда по оси абсцисс откладывается  $t_c - t$ , они являются постояннопериодическими. Особенностью этих лог-периодических осцилляций является то, что период каждой последующей логоосцилляции уменьшается по отношению к периоду каждой предыдущей в одну и ту же величину, равную  $\exp(2\pi/\omega)$ .

Термин «лог-периодический» произошёл из того, что если эти колебания рассматривать в логарифмическом масштабе времени с началом его отсчёта в точке сингулярности ( $t_c$ ), то они выглядят как постояннопериодическими (ниже пример этого даёт **Рис. 13**). Эти логоколебания обладают тем свойством, что от периода к периоду изменяются (увеличиваются или сокращаются) в одно и то же количество раз.

С практической точки зрения, закономерность, открытая Сорнеттом важна потому, что она позволяет оценивать упомянутую точку сингулярности. После неё закономерность перестаёт работать. И, тем самым, определяется момент когда прекратиться рост или падение того или иного показателя.

### **Крупный отрицательный пузырь.**

Что может быть важным. Например, в случае цены на нефть. Для нее можно оценить время, когда прекратится обвал цен на нефть, который идет с мая 2011 года, но особенно сильно – с середины 2014 года. Что видно по **Рис. 1**. Определить время обвала важно для нефтезависимых стран. Поскольку после него начнётся глобальный рост цены.



**Рис. 1.** Динамика цены нефти марки Brent по источнику (Eia.gov). Абсцисс: 20.05.1987 — 04.01.2016.

Закономерность (1) позволяет описывать упомянутый обвал. В этом случае она принимает форму того, что называется отрицательный пузырь – это когда происходит сокращение периодов логоколебаний при общем степенном спаде<sup>3</sup> с общей зависимостью от времени  $t$  вида (1) (см. Yan W. et al. 2011).

В динамике цены нефти на **Рис. 2** видны 3 периода колебаний с сокращающимися периодами. К сожалению, метод не позволяет корректно определить уровень цен, до которых может произойти обвал (цена в точке сингулярности оказалась больше, чем она уже есть в последней точке использованных данных – см. **Рис. 2**).

Но зато получившаяся на **Рис. 2** точка сингулярности 24 марта 2016 года дает оценку момента, не ранее которого начнётся глобальный рост цен на нефть.

Хотя, это не значит, что после этого не будет сильных обвалов. Но если три волны обвала отрицательного пузыря, которые видны на **Рис. 2** и которые соответствуют трем его логоволнам, шли на фоне общего падения цены, то после упомянутой точки сингулярности обвалы уже будут на фоне общего роста.

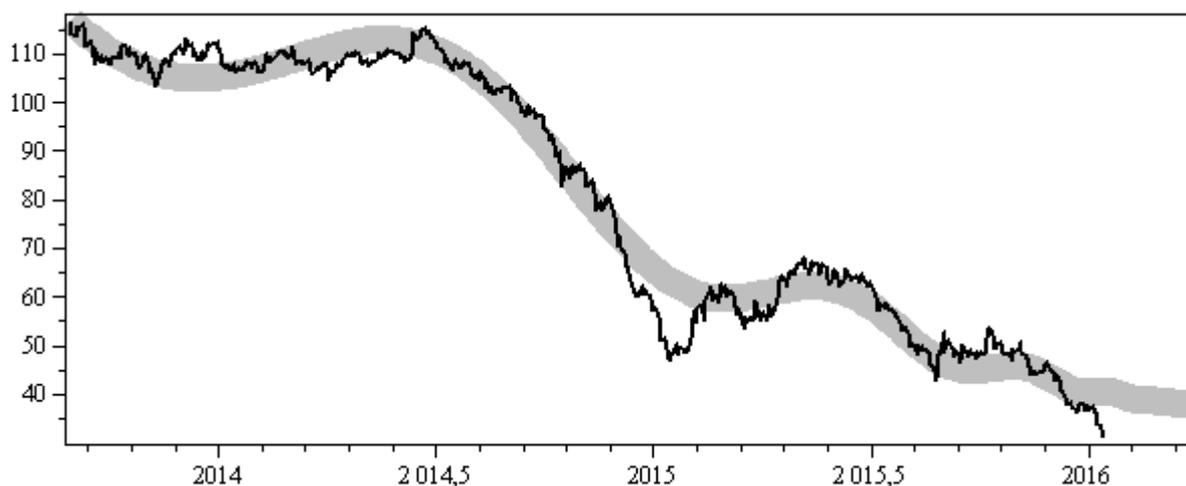
Так же упомянутая оценка не означает, что падение цены после нее не будет, поскольку она имеет свою погрешность. В этой работе не ставилась задача оценить данную погрешность. Судя по погрешности более «мелкого» отрицательного пузыря, который будет рассмотрен ниже, погрешность точки сингулярности отрицательного пузыря **Рис. 2** вполне может составлять до нескольких месяцев<sup>4</sup>. Но наиболее вероятно, что в 1-й половине 2016 года глобальное падение цен на нефть прекратится.

Прежде, чем это произойдет – может так же еще произойти несколько замедлений падений цен на нефть и даже роста с последующим резким падением – что будет соответствовать ряду периодов логоколебаний, которых, по точкам данных, на **Рис. 2** видно

<sup>3</sup> Термин «отрицательный» произошёл с целью подчеркнуть, что динамика является антиподом пузырю. У пузыря тоже идёт сокращение периодов от цикла к циклу в одно и то же количество раз, но при этом идёт (в соответствии с (1)) степенной рост показателя (см.: Сорнетте 2008; Sornette 2004).

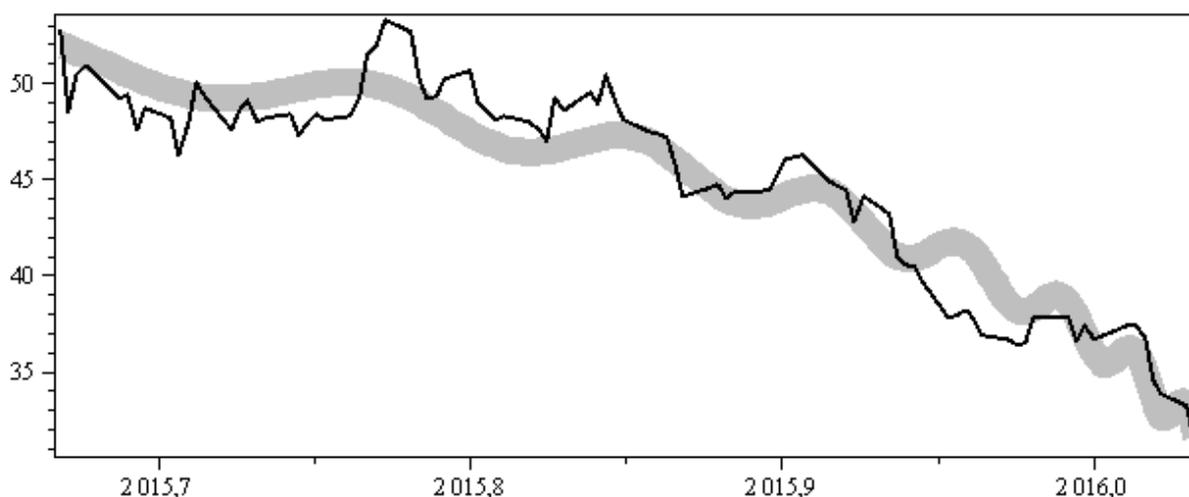
<sup>4</sup> Ниже оцениваемая погрешность точки сингулярности отрицательного подпузыря хоть и составляет около 0,5 месяца, но он и длится много меньше, чем отрицательный пузырь **Рис. 2**. Что, с учётом того, что структура цен имеет фрактальный характер (уменьшенное большое подобно малому, в частности, крупные отрицательные подпузыри в чём-то подобны более малым) позволяет грубо прикинуть и погрешность точки сингулярности **Рис. 2**.

лишь три. Но будут ещё аналогичные колебания. Со все сокращающейся амплитудой, но зато и более короткие.



**Рис. 2. Отрицательный нефтяной пузырь.** Ломаная – цена нефти марки «бrent» (источник: *Quandl.com*). Плавная линия – лог-периодическая параметризация  $37,766 + 25,874 (2016,233-t)^{1,476} + 6,953 (2016,233-t)^{1,476} \cos(18,950 \log(2016,233-t)+2,113)$ . Интервал оптимизации (на котором простирается ломаная линия): 12.02.2014 - 03.10.2011. Точка сингулярности = 2016,23279 г. = «25.03.2016 0:38». Плавная линия продолжена, в соответствии с упомянутой формулой, в будущее до точки сингулярности.

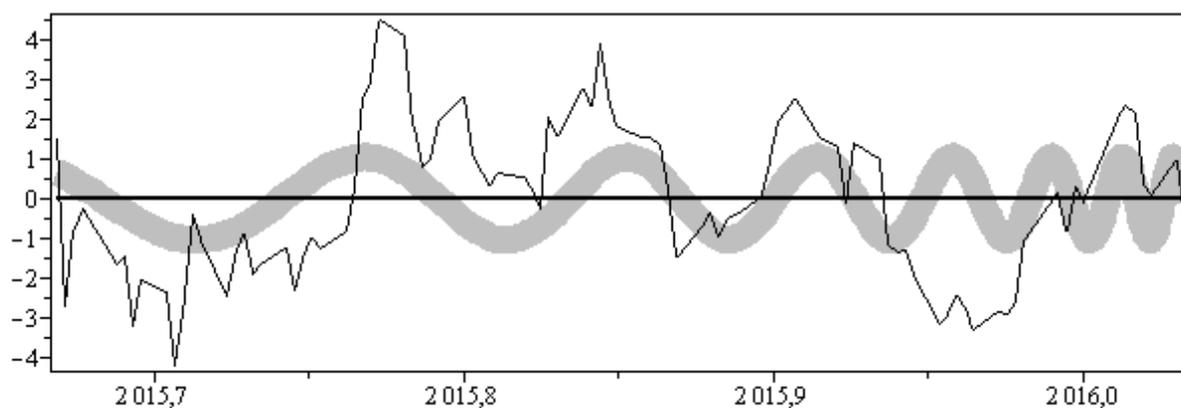
### «Мелкий» отрицательный (под) пузырь



**Рис. 3. Мелкий отрицательный пузырь.** Ломаная – стоимость барреля нефти марки Brent (источник: *Quandl.com*). Плавная линия – лог-периодическая параметризация, полученная минимизацией дисперсии и описывается формулой  $-35116,565 + 35175,496 (2016,072-t)^{0,000240} + 1,037 (2016,072-t)^{0,000240} \cos\{44,131 \log(2016,072-t)+2,298\}$ . Абсцисс: 1900 год плюс количество дней от начала 20 века, поделённое на среднее количество дней в году, равное 365,25. Интервал оптимизации: «15.02.2012» — «12.01.2016». Точка сингулярности: «2016.0719 = 26.01.2016 6:17».

Подобно прогнозированию даты, не ранее которой произойдет прекращение общего обвала цен отрицательного пузыря **Рис. 2** можно так же спрогнозировать дату, в районе которой произойдёт прекращение обвала цен, соответствующего 3-й (самой правой) волне

отрицательного подпузыря **Рис. 2** – поскольку на этой волне тоже развивается более мелкий отрицательный пузырь, который ниже будет именоваться (отрицательным) подпузырём.



**Рис. 4. Колебательная составляющая «мелкого» отрицательного пузыря.** Ломаная – разность между ломаной **Рис. 3** и плавной (степенной) составляющей его параметризации (описываемой формулой  $-35116,565 + 35175,496 (2016,072-t)^{0,000240}$ ), плавная линия – колебательная составляющая предыдущего **Рис. 3** (описываемая формулой  $1,037 (2016,072-t)^{0,000240} \cos\{44,131 \log(2016,072-t)+2,298\}$ ).

В этом материале будет подробно приведена методика оценки точности вычисления соответствующей точки сингулярности после которой обвал прекратится.

(Под)пузырь, соответствующий 3-й волне **Рис. 2** – не столь чётко как пузырь **Рис. 2** и показан на **Рис. 3**.

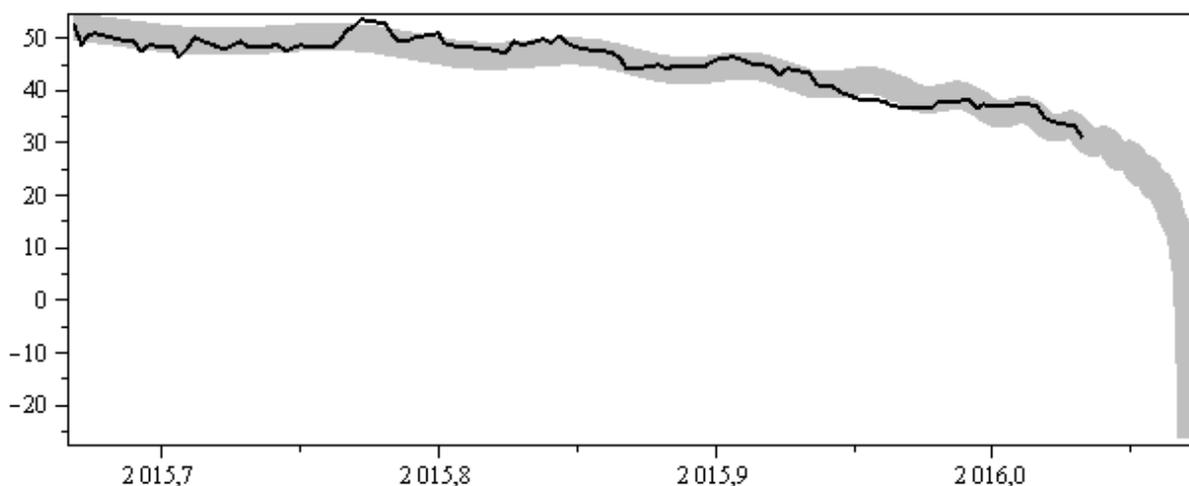
Колебательная составляющая предыдущего рисунка показана на **Рис. 4**. Она ниже будет использован для визуальной оценки погрешности точки сингулярности. Ниже так же будет показано, что несмотря на нечёткость параметризации – это самый настоящий отрицательный пузырь.

### Его экстраполяция в будущее

Экстраполяция полученной параметризации до точки сингулярности рассматриваемого отрицательного подпузыря, к сожалению, демонстрирует её бессмысленность, т.к. она вообще уходит в отрицательную область (**Рис. 5**).

Поэтому основная практическая ценность параметризации может состоять лишь в определении самой точки сингулярности, после которой отрицательный пузырь уже не может развиваться. Тем самым можно оценить верхнюю границу того, когда нефтезависимые валюты (например, рубль) временно прекратят падать по отношению к доллару – что соответствует 3-й (правой) волне падения цены на нефть **Рис. 1**.

Найденная точка сингулярности, приведённая на **Рис. 4** имеет свою погрешность. Поэтому, её нельзя рассматривать как гарантированную дату после которой соответствующий (локальный) обвал цены прекратится.

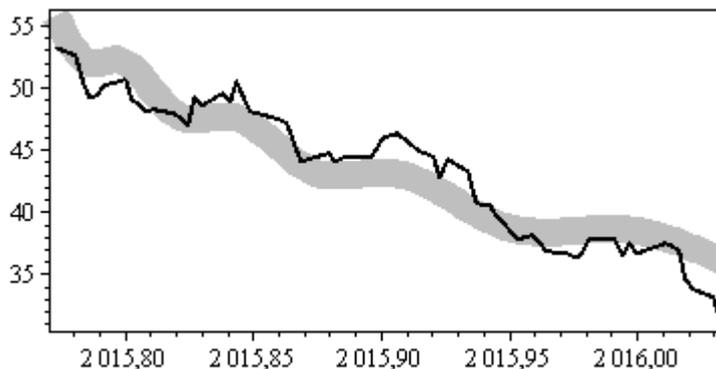


**Рис. 5.** Экстраполяция «мелкого» отрицательного пузыря в будущее не имеет предсказательной силы. То же, что и на Рис. 3, только плавная продлена почти до точки сингулярности Рис. 3. Абсцисс: «26.01.2016 6:16» — «26.01.2016 6:16».

### Обоснование того, что это именно отрицательный пузырь

Но прежде, чем, чем оценить эту погрешность ниже, сначала, в этом пункте будут приведены доводы в пользу того, что на **Рис. 3**, действительно, показан отрицательный пузырь и что это – не артефакт.

*Вариант параметризации антипузырём.*



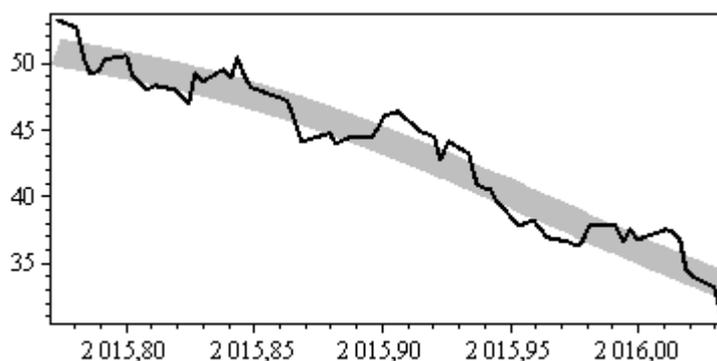
**Рис. 6.** Антипузырь, подобранный «руками». По сравнению с **Рис. 3** здесь данные немного были слева урезаны и показан диапазон 06.01.2012 - 12.01.2016. Плавная линия – лог-периодическая параметризация, полученная минимизацией дисперсии  $41896966,51 - 41896944,03 (2015,7-t)^{0,00000296} + 1,028 (2015,7-t)^{0,00000296} \cos\{39,533 \log(2015,7-t)+1,520\}$ . Точка сингулярности плавной линии взята «руками» (не оптимизировалась).

В этом подпункте будет рассмотрена альтернативная параметризация 3-й волны **Рис. 1** – в виде антипузыря. Будет показано, что она – не годится. И, поскольку, других вариантов снижения цен (кроме отрицательного пузыря и антипузыря) – неизвестно, то это будет говорить о том, что на **Рис. 3**, действительно «сидит» отрицательный (под) пузырь.

На первый взгляд, действительно, может показаться, что в данных сидит антипузырь, что иллюстрирует **Рис. 6**. Антипузырь описывается той же общей формулой (1), что и отрицательный пузырь, но, в отличие от отрицательного пузыря у него период колебаний в от цикла к циклу в одно и то же количество раз увеличивается (подробнее – см. Сорнетте

2008; Sornette 2004). Если выяснится, что **Рис. 6** – это артефакт антипузыря, то это указывает на то, что на **Рис. 3** – отрицательный пузырь.

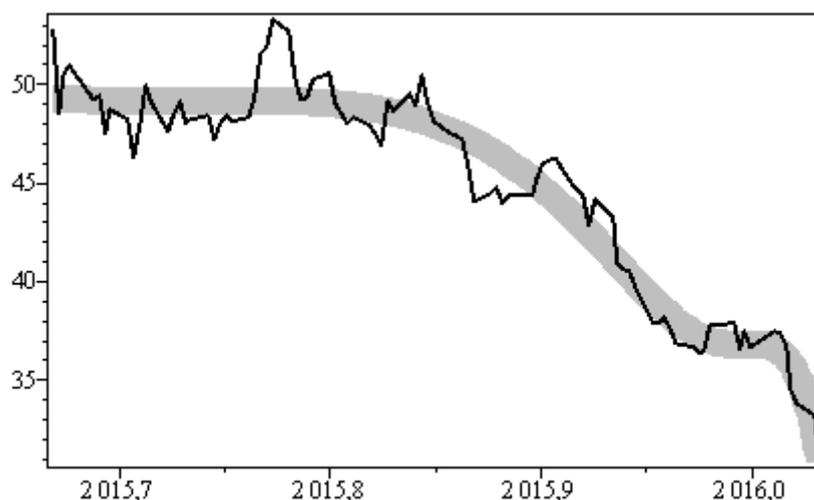
Отсюда вывод, что рассматриваемые данные **Рис. 6** не антипузырь. Т.е. на **Рис. 3** – отрицательный (под) пузырь.



**Рис. 7. Антипузырь получается вырожденным.**

На **Рис. 6** не была проведена оптимизация по точке сингулярности намеренно. Потому, что если это сделать, то ситуация, когда экстремумы плавной линии, примерно, повторяют таковые для ломаной – невозможна: если провести параметризацию и по точке сингулярности, то вместо **Рис. 6** получается абсурдный, вырожденный результат, показанный на **Рис. 7**.

*Более крупная альтернатива «мелкого» отрицательного пузыря.*



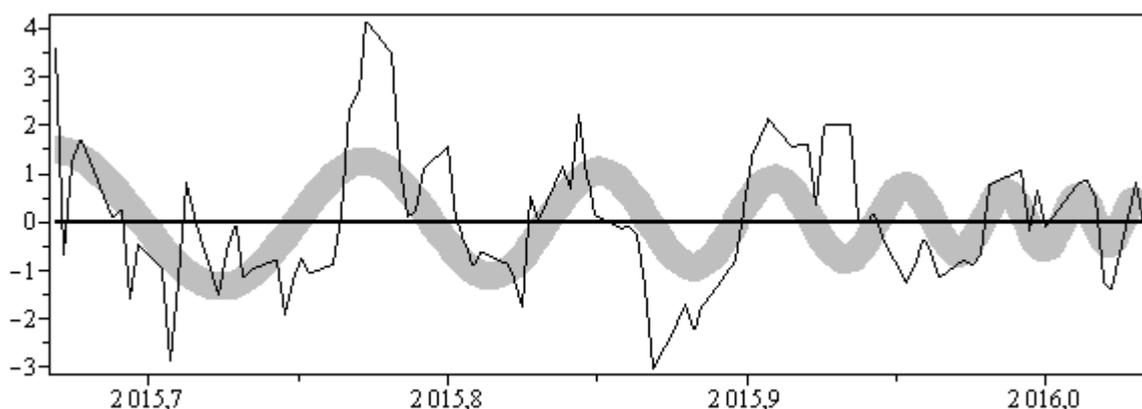
**Рис. 8. Крупный отрицательный пузырь.** Плавная – лог-периодическая параметризация -  $24513,408 + 24571,038 (2016,061-t)^{0,000307} + 2,027 (2016,061-t)^{0,000307} \cos\{8,829 \log(2016,061-t)+0,384\}$ . Её точка сингулярности = 2016,06121 г. = «22.01.2016 8:34».

В этом подпункте будет рассмотрен ещё один довод, точнее их система, в пользу того, что в данных **Рис. 3** сидит именно отрицательный пузырь. А именно, будет показана система нанизанных друг на друга логоколебаний, которые есть в точках **Рис. 3** кроме приведённых там и которые имеют примерно ту же самую, что и на **Рис. 3** точку сингулярности. Таким свойством обладают разные показатели финансовых рынков, описываемые соотношением (1) (см. Сорнетте 2008; Sornette 2004). Что и будет указывать на то, что **Рис. 3** – это, действительно, отрицательный (под) пузырь.

Об этом, в частности говорит альтернативный вариант лог-периодической параметризации по отношению к **Рис. 3**. Он показан на **Рис. 8**.

Как видно, получившаяся точка сингулярности меньше точки сингулярности **Рис. 3** всего на 4 дня. Для лог-периодических параметризаций разных показателей финансовых рынков возможность альтернативной лог-периодической параметризации – закон, являющимся проявлением одного и того же эволюционного процесса, имеющего многоуровневый, фрактальный<sup>5</sup> характер (см. Сорнетте 2008; Sornette 2004). Что указывает на то, что лог-периодическая параметризация **Рис. 3**, ровно как и лог-периодическая параметризация **Рис. 8** – это разные стороны одного и того же процесса. Процесса развития отрицательного пузыря.

Более того, можно увидеть, что на крупные логоколебания **Рис. 8** как «матрёшки» нанизаны более мелкие с, примерно, такой же точкой сингулярности, что и на **Рис. 8**. Что демонстрирует **Рис. 9**. На **Рис. 9**, фактически, показан тот же тип логоколебаний, что и на **Рис. 3**. Только точка сингулярности получилась всего на пять дней более ранней, чем на **Рис. 3**. Логоколебания **Рис. 9** уже гораздо более отчётливы, чем на **Рис. 3**, что указывает на то, что и лог-периодическая параметризация **Рис. 3** – не артефакт и что «кривость» **Рис. 3** связана, главным образом, с наложением показанных там логоколебаний на более крупный тип логоколебаний **Рис. 8**.

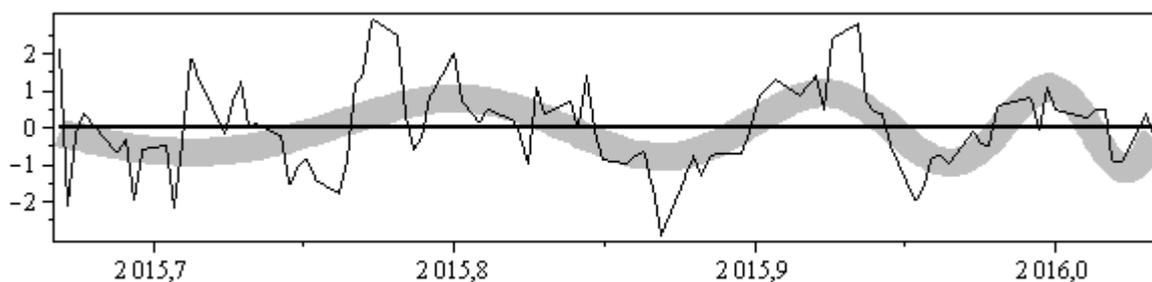


**Рис. 9.** Более мелкий тип логоколебаний, нанизанных на логоколебания **Рис. 8** (2-й шаг итераций). Ломаная – разность между ломаной и плавной **Рис. 8**. Плавная – логопараметризация  $2,509 (2016,086-t)^{0,610} \cos\{50,289 \log(2016,086-t)+0,257\}$ , полученная минимизацией дисперсии. Точка сингулярности = 2016,08578 г. = «31.01.2016 7:57».

На следующем шаге итераций можно увидеть ещё один тип логоколебаний, который показан на **Рис. 10**. Видно, что именно тип логоколебаний этого рисунка – ответственен за сильный провал ломаной по отношению к параметризации на **Рис. 3** при значении времени около 2015,95 г. . Что лишний раз указывает на то, что сильные отклонения ломаной от лог-периодической параметризации **Рис. 3** – вовсе не означают то, что там нет отрицательного пузыря, вписываемого этой параметризацией. А, скорее, наоборот – указывает на его присутствие. Ведь процессы на финансовых рынках, описываемые формулой (1) всегда имеют сложную, многоуровневую, «матрешечную» структуру, когда один тип логоколебаний накладывается на 2-й, 2-й – на 3-й и т.д. (см. Сорнетте 2008; Sornette 2004). Что может выливаться в самые разные, причудливые структуры за которыми не сразу легко увидеть закономерность (1).

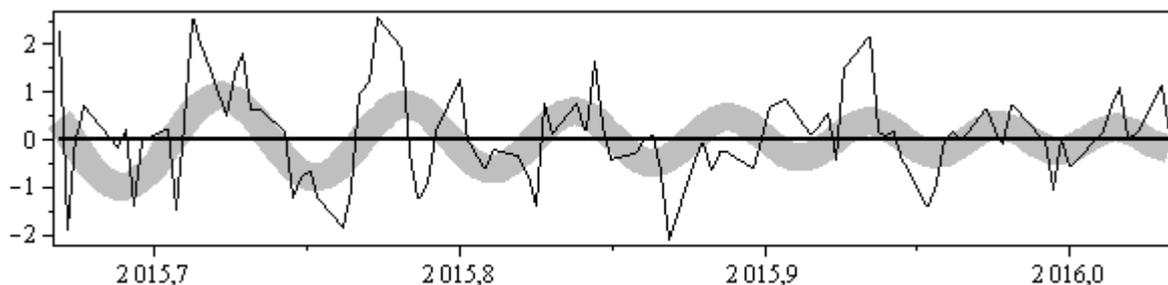
На **Рис. 10** точка сингулярности опять получилась близкой к выше полученным и больше, чем на **Рис. 3** на 15 дней.

<sup>5</sup> Фрактальность означает, что «малое» является уменьшенным подобием «большёго».



**Рис. 10. Средний тип логоколебаний (3-й шаг итераций).** Абсцисс – то же, что и на Рис. 9. Ломаная – разность между ломаной и плавной линиями Рис. 9. Плавная – логопараметризация  $0,513 \cos\{29,472 \log(2016,117-t)+2,164\} / (2016,117-t)^{0,338}$  с параметрами, полученными минимизацией дисперсии. Точка сингулярности =  $2016,11664 =$  «11.02.2016 14:27».

Т.е. разница получилась побольше, чем для предыдущего шага итераций из Рис. 9. Но это не значит, что это – какая-то другая точка сингулярности: просто погрешность определения не позволяет увидеть истинное значение точки сингулярности. На Рис. 10 количество периодов колебаний – ниже, чем на Рис. 9. А, поэтому, и точность определения точки сингулярности, вообще говоря, может быть ниже.



**Рис. 11. 3-й шаг итераций отрицательного подпузыря.** Ломаная – разность между ломаной и плавной линиями Рис. 10. Плавная линия – логопараметризация с параметрами  $2,224 (2016,422-t)^{2,527} \cos\{159,764 \log(2016,422-t)+0,334\}$ , подобранными минимизацией дисперсии. Точка сингулярности =  $2016,4218 \text{ г.} =$  «02.06.2016 1:35».

Итерации можно продолжить и далее. На Рис. 11 показана следующая итерация. Точка сингулярности опять получилась близкой к точке сингулярности Рис. 3 и больше нее на 14 дней.

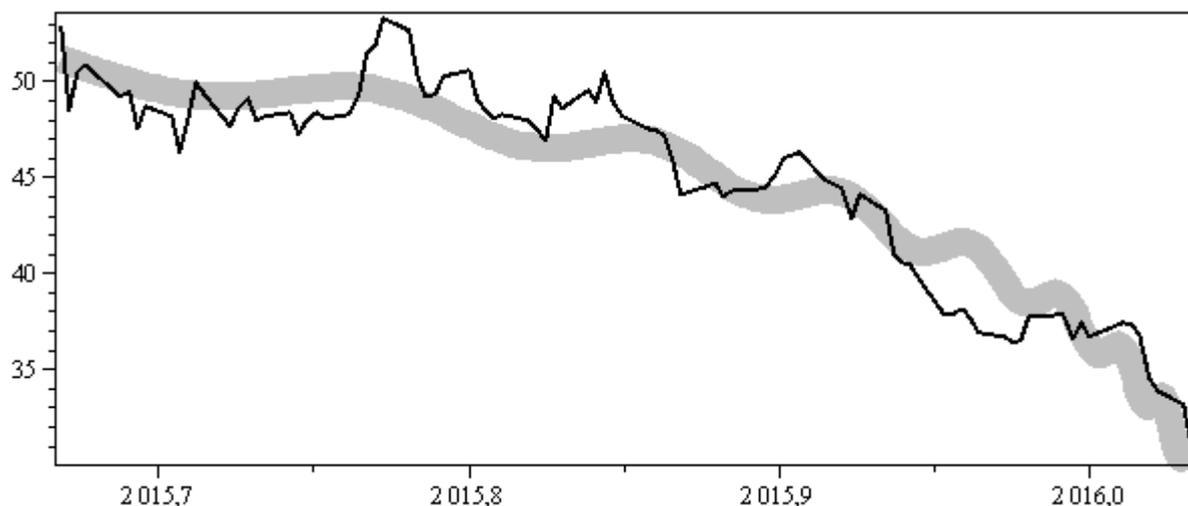
### Оценка точности точки сингулярности отрицательного подпузыря.

Для того, чтобы оценить точность точки сингулярности отрицательного подпузыря (Рис. 3) можно поварьировать точку сингулярности «руками» в некоторых пределах, а по остальным параметрам при этом будет вестись оптимизация. В результате так можно найти диапазон значений токи сингулярности на крайних границах которого визуально уже будет заметно явное несоответствие параметризации точкам. Этот диапазон и будет представлять из себя диапазон погрешности в определении точки сингулярности. Эту операцию можно проделать со всеми выше рассмотренными шагами итераций, начиная от Рис. 3 и кончая Рис. 11. При этом с наиболее высокой точностью точка сингулярности будет оценена в случае наибольшего количества колебаний. Это относится к логоколебаниям того типа, которые показаны на Рис. 3. Поэтому ниже для него и будет сделана оценка.

### Оценка нижней границы точки сингулярности.

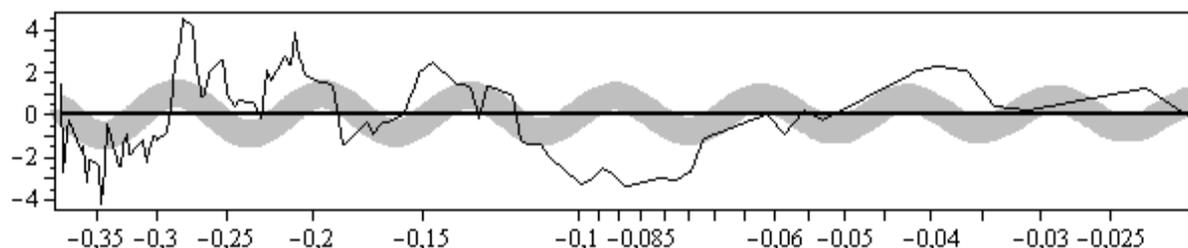
Если постепенно уменьшать точку сингулярности и оптимизировать по остальным параметрам, то вместо **Рис. 3** можно прийти к лог-периодической параметризации, показанной на **Рис. 12**, при которой уже происходят заметные нарушения параметризации.

Нарушение хорошо видно лишь если отдельно рассмотреть колебательную составляющую этой параметризации в логарифмическом масштабе времени, что показано на **Рис. 13**.



**Рис. 12.** Лог-периодическая параметризация отрицательного пузыря при искусственно заниженной точке сингулярности. Плавная линия:  $-8,739 + 68,569 (2016,053-t)^{0,139} + 1,157 (2016,053-t)^{0,139} \cos(38,022 \log(2016,053-t)+1,964)$ . Точка сингулярности = 2016,053 г. = «19.01.2016 8:35».

Справа **Рис. 13** явно видно рассогласование ломаной и параметризации. Значит истинная точка сингулярности не может быть меньше его точки сингулярности, т.е. даты 19.01.2016.



**Рис. 13.** Колебательная составляющая **Рис. 12**. Абсцисс – время в десятичном, логарифмическом масштабе с началом отсчёта в точке сингулярности из **Рис. 12**.

При всей условности визуального критерия степени «рассогласованности» оцененная верхняя граница дает оценку значения точки сингулярности, выше которого реальная точка сингулярности с вероятностью близкой к 100% быть не может. Это связано с тем, что на **Рис. 13** справа колебания точек идут, примерно, в противофазе с параметризацией. Обычно, лог-параметризация дает ситуацию, когда экстремумы параметризации, примерно, совпадают с экстремумами точек данных – как это, например, имеет место для **Рис. 8** (в случае, если на соответствующем шаге итераций выбирать такую лог-параметризацию, которая имеет минимальную дисперсию из всех возможных параметризаций) или **Рис. 10**. Но иногда (крайне редко) бывает и почти противофазность. Как это, например, имеет место на **Рис. 11** в момент около 2015,9. Поэтому, если постепенно менять точку сингулярности лог-параметризации, а остальные параметры оптимизировать и добиться противофазности хоть для какого-то одного колебания, то значение точки сингулярности, при котором это

произошло и даст оценку границы точки сингулярности за которую, почти со 100% – вероятностью реальная точка сингулярности не может выйти. По сути, именно такая оценка и была произведена на **Рис. 13**.

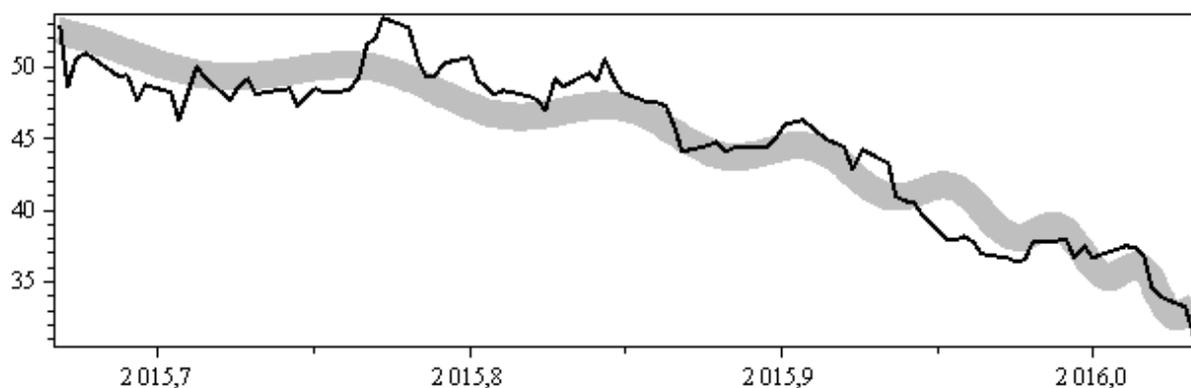
Но это – именно оценка верхней границы в соответствии с реально имеющимися данными. Но это еще не значит, что истинная точка сингулярности не может выйти за пределы. Вероятность того, что точка сингулярности выйдет за границу оценки описанным выше методом на том или ином шаге итераций была бы практически, равна нулю, если бы на всех предыдущих шагах итераций была бы проведена идеальная параметризация в которой бы использовались бы параметры с абсолютной точностью. В действительности же они имеют погрешности. Отклонение от идеальности еще может быть связано с тем, что рассматривается не полный набор точек (отрицательного) пузыря. Поскольку пузырь ещё не завершил свою эволюцию. Плюс отклонение от идеальности может быть связано с дополнительными случайными флуктуациями в самих точках данных, не связанных с внутренним стохастическим процессом развития цены им управляющим (флуктуации могут быть связаны с внешним влиянием на систему, например, какие-то внешние шоки). Поэтому, приведённая нижняя оценка точки сингулярности – это всего лишь оценка по соответствующему набору точек, по которому при оценке проводилась лог-параметризация. Но эта оценка тоже имеет некоторую погрешность в виду отклонения от упомянутой идеальности.

#### *Оценка верхней границы точки сингулярности.*

Аналогично, постепенно увеличивая точку сингулярности и оптимизируя по остальным параметрам можно вновь получить «картинку» явного диссонанса параметризации и ломаной. Диссонанс уже отчётливо виден на **Рис. 14**.

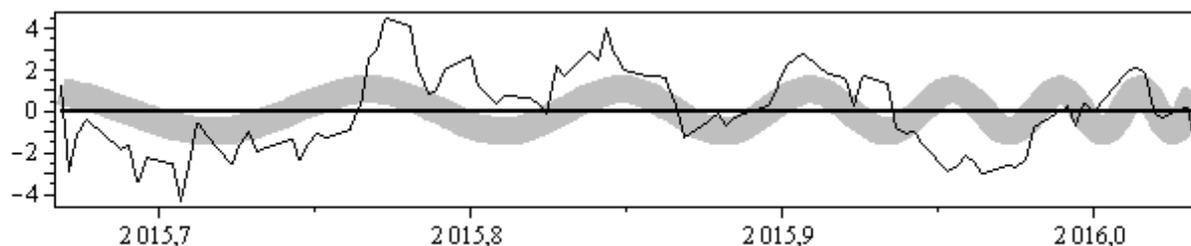
Более отчётливо он виден для колебательной составляющей этой параметризации, показанной на **Рис. 15**.

Значит, истинная точка сингулярности не может быть больше, примерно, 03.02.2016.



**Рис. 14.** Лог-периодическая параметризация отрицательного подпузыря при искусственно заниженной точке сингулярности. Плавная линия:  $-48406,532 + 48466,396 (2016,093-t)^{0,000201} + 1,015 (2016,093-t)^{0,000201} \cos(50,447 \log(2016,093-t)+0,535)$ . Точка сингулярности = 2016,093 г. = 02.02.2016 23:14:17.

Таким образом оценка описанным выше методом показывает, что точка сингулярности отрицательного подпузыря должна лежать где-то в пределах 19.01.2016 - 02.02.2016. Т.е. падение цен на нефть, соответствующее рассмотренному отрицательному подпузырю, должно прекратиться где-то не позже 2-й половины января 2016 г. Но при этом, повторим, при отсутствии эффективной интервенции со стороны РФ, это падение вскоре возобновится снова, ставя все новые «антирекорды».



**Рис. 15. Колебательная составляющая Рис. 14.** Ломаная – разность между ломаной и основной (степенной) компонентой лог-периодической параметризации **Рис. 14** (она равна  $-48406,532 + 48466,396 (2016,093-t)^{0,000201}$ ), плавная – колебательная составляющая лог-периодической параметризации **Рис. 14** (она равна  $1,015 (2016,093-t)^{0,000201} \cos(50,447 \log(2016,093-t)+0,535)$ ).

## Заключение

Метод лог-периодической параметризации разных важных показателей финансовых рынков имеет большую перспективу и достоин использования в рядовой практике прогнозирования правительствами экономического состояния и бюджетов стран. На текущем уровне развития он ещё, частно, не позволяет давать практически важных значений для тех или иных показателей (например, цены на нефть) в достаточно отдаленном будущем. Но зато вполне позволяет прогнозировать с достаточной для практики точностью критические моменты после которых происходит смена трендов развития (например, прекращается обвал цены на нефть). Дальнейшее развитие метода, потенциально, может дать возможность прогнозирования тех или иных финансовых показателей с достаточной для практических нужд точности. Для этого нужно учитывать фрактальный характер логоколебаний, накладывающихся одни на другие. Построение фундаментальной теории фрактального роста логоколебаний позволило бы решить эту задачу. Для реализации этой задачи могла бы быть важной целенаправленная правительственная поддержка соответствующих исследований. Упомянутые положительные их результаты могли бы открыть совершенно новую главу в подходах прогнозирования экономического (а вместе с тем – и политического) развития разных стран и мира в целом.

## Литература

- Акаев А. А., Коротаев А. В., Фомин А. А. 2011.** О причинах и возможных последствиях второй волны глобального кризиса. *ГЛОБАЛИСТИКА – 2011. Пути к стратегической стабильности и проблема глобального управления* / Отв. ред. И. И. Абыльгазиев, И. В. Ильин. М.: МАКС-Пресс, 2011. С. 233–241.
- Акаев А. А., Садовничий В. А., Коротаев А. В. 2010.** О возможности предсказания нынешнего глобального кризиса и его второй волны. *Экономическая политика* 6: 39–46.
- Акаев А. А., Садовничий В. А., Коротаев А. В. 2011.** Взрывной рост цен на золото и нефть как предвестник мирового финансово-экономического кризиса. *Доклады Академии наук* 437/6: 727–730.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2010.** *Глобальный кризис в ретроспективе. Краткая история подъемов и кризисов: от Ликурга до Алана Гринспена.* М.: Либроком/URSS.
- Коротаев А. В., Зинькина Ю. В. 2011а.** Демографические корни Египетской революции. *Демоскоп* 459–460. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2011/0459/tema01.php>.

- Коротаев А. В., Зинькина Ю. В. 2011б.** Египетская революция 2011 г. *Азия и Африка сегодня* 6/647: 10–16.
- Коротаев А. В., Зинькина Ю. В. 2011в.** Египетская революция 2011 г. Структурно-демографический анализ. *Азия и Африка сегодня* 7/648: 15–21.
- Коротаев А. В., Халтурина Д. А., Божевольнов Ю. В. 2010.** *Законы истории. Вековые циклы и тысячелетние тренды. Демография. Экономика. Войны.* 3-е изд. М.: ЛКИ/URSS.
- Коротаев А. В., Цирель С. В. 2010а.** Кондратьевские волны в мировой экономической динамике. *Системный мониторинг глобального и регионального развития* / Ред. Д. А. Халтурина, А. В. Коротаев. М.: Либроком/URSS. С. 189–229.
- Коротаев А. В., Цирель С. В. 2010б.** Кондратьевские волны в мир-системной экономической динамике. *Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики* / Ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий. М.: ЛКИ/URSS. С. 5–69.
- Сорнетте Д. 2008.** *Как предсказывать крахи финансовых рынков: критические события в сложных финансовых системах.* М.: И-трейд.
- Фомин А. А. 2011.** 1 мая может лопнуть серебряный ценовой пузырь. *Cliodynamics.ru* 22.04.2011. Режим доступа: [http://cliodynamics.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=281&Itemid=49](http://cliodynamics.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=281&Itemid=49).
- Акаев А., Fomin A., Tsirel S., Korotayev A. 2010.** Log-Periodic Oscillation Analysis Forecasts the Burst of the “Gold Bubble” in June – August 2011. *Structure & Dynamics* 4/3: 1–11.
- Акаев А., Sadovnichy V., Korotayev A. 2012.** On the dynamics of the world demographic transition and financial-economic crises forecasts. *The European Physical Journal Special Topics* 205/1: 355-373.
- Eia.gov.** <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=rbrte&f=D>.
- Ember C. R., Ember M. 2001.** *Cross-Cultural Research Methods.* Lanham, MD: AltaMira Press.
- Friedman M. 1963.** *A Monetary History of the United States, 1867–1960.* Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Johansen A., Sornette D., Ledoit O. 1999.** Predicting financial crashes using discrete scale invariance. *Journal of Risk* 1/4: 5–32.
- Johansen A., Sornette D., Wakita H., Tsunogai U., Newman W. I., Saleur H. 1996.** Discrete scaling in earthquake pre-cursory phenomena: Evidence in the Kobe earthquake, Japan. *Journal de Physique I* 6/10: 1391–1402.
- Johansen A., Sornette D. 1999.** Critical Crashes. *Risk* 12/1: 91–94.
- Johansen A., Sornette D. 2001.** Finite-time Singularity in the Dynamics of the World Population and Economic Indices. *Physica A* 294/3–4: 465–502.
- 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. URL: <http://www.escholarship.org/uc/item/9jv108xp>.
- Korotayev A., Zinkina J. 2011a.** Egyptian Revolution: A Demographic Structural Analysis. *Entelequia. Revista Interdisciplinar* 13: 139–169.
- Korotayev A., Zinkina J. 2011b.** Egyptian Revolution: A Demographic Structural Analysis. *Middle East Studies* 2/5: 57–95.
- Quandl.com.** [https://www.quandl.com/data/CHRIS/CME\\_BZ1-Brent-Crude-Oil-Financial-Futures-Continuous-Contract-1-BZ1-Front-Month](https://www.quandl.com/data/CHRIS/CME_BZ1-Brent-Crude-Oil-Financial-Futures-Continuous-Contract-1-BZ1-Front-Month).
- Sornette D. 2004.** *Why stock markets crash: critical events in complex financial systems.* Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Sornette D., Johansen A. 1997.** Large financial crashes. *Physica A* 245/3–4: 411–422.
- Sornette D., Johansen A. 1998.** A hierarchical model of financial crashes. *Physica A* 261/3–4: 351–358.

- Sornette D., Johansen A. 2001.** Significance of log-periodic precursors to financial crashes. *Quantitative Finance* 1/4: 452–471.
- Sornette D., Sammis C. G. 1995.** Complex critical exponents from renormalization group theory of earthquakes: Implications for earthquake predictions. *Journal de Physique I* 5/5: 607–619.
- Sornette D., Woodard R., Zhou W.-X. 2009.** The 2006–2008 Oil Bubble: evidence of speculation, and prediction. *Physica A* 388: 1571–1576.
- Yan W., Woodard R., Sornette D. 2011.** Diagnosis and Prediction of Market Rebounds in Financial Markets. URL: <http://arxiv.org/abs/1003.5926> .