

УДК 553.982: 338.124.4: 339.743.053: 519.876

Мазуркин Петр Матвеевич

Доктор технических наук

Поволжский государственный технологический университет,
г. Йошкар-Ола

ПОСУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ОБЪЕМА И ЦЕНЫ НЕФТИ BRENT И ВЛИЯНИЕ НА ФИНАНСОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТРЕХ ФАКТОРОВ

По фактическим посуточным данным средней цены, разницы между максимальной и минимальной ценой, а также объема продаж приведены закономерности динамики от 02.03.2007 до 24.02.2016 на примере нефти марки Brent. Дополнительно учтен новый параметр в виде финансового потенциала как произведения ежесуточного объема продаж на среднюю цену нефти. Из-за сильной флюктуации объема продаж факторный анализ был проведен по максимумам объема продаж в виде огибающей динамический ряд линии с 02.03.2007 по 04.04.2016. Это позволило получить высокоадекватные статистические однофакторные и трехфакторные модели, позволившие дать анализ поведения мирового рынка нефти в прошлом и показать возможности прогнозирования при снижении и стабилизации объема продаж нефти. Приведены подробные графики закономерностей.

Ключевые слова: нефть Brent; объем продаж; средняя цена; финансовый потенциал; посуточная динамика; колебания; закономерности

Peter Mazurkin

Doctor of technical Sciences

Volga state University of technology,
Yoshkar-Ola

DAILY DYNAMICS VOLUME AND PRICES OF OIL BRENT AND IMPACT ON FINANCIAL CAPACITY OF THREE FACTORS

According to the factual data Daily average price difference between the maximum and minimum price and sales volume given the laws of dynamics from 02.03.2007 to 02.24.2016 on the example of Brent crude oil. Additionally, take into

account a new parameter in the form of financial capacity as the product of daily sales at the average price of oil. Because of the strong fluctuations in sales factor analysis was conducted on the highs of sales in the form of the envelope of the dynamic range of the line with the 02.03.2007 on 04.04.2016. It is possible to obtain statistical vysokoadekvatnye single-factor and three-factor model, which allowed to analyze the behavior of the world oil market in the past and show the ability to forecast with a decrease and stabilization of sales of oil. Provides detailed laws of graphics.

Keywords: Oil Brent; volume of sales; average price; financial capacity; Daily dynamics; fluctuations; laws

По данным «Бритиш Петролеум», по доле десяти нефтедобывающих стран в мировой добыче нефти в 2014 году Россия занимала второе место: Саудовская Аравия — 12.9%; Российская Федерация — 12.7%; США — 12.3%; КНР — 5.0%; Канада — 5%; Иран — 4.0%; ОАЭ — 4.0%; Ирак — 3.8%; Кувейт — 3.6%; Венесуэла — 3.3%; остальные страны — 33.4% [1].

Среднегодовая цена на нефть марки Brent снизилась при резком падении цен во второй половине 2014 года. Мировой рост добычи нефти более чем вдвое превышает мировое потребление. Добыча вне ОПЕК выросли, доля снизилась до 41%, самой низкой с 2003 г. Снижение в Ливии и Анголе было компенсировано ростом в Ираке, Саудовской Аравии и Иране. Произошел рост добычи нефти в США.

Рост импорта был обусловлен экономикой Китая и других развивающихся стран, в то время как объем импорта в США сократился. Китай заменил США как крупнейшего нетто-импортера нефти в 2013 г. Валовой экспорт из Северной Африки снизился на 17,1% из-за снижения добычи ливийской нефти, однако это было компенсировано ростом в США [1].

Россия начинает меры по управлению объемами добычи нефти, по договоренности с ОПЭК замораживая этот показатель на уровне января 2016 г. Такие меры сильно скажутся на нефтяном хозяйстве страны. В связи с этим актуальным становится выявление закономерностей посуточной динамики

с 02.03.2007 по 24.02.2016 объема продаж V и средней цены C на нефть марки Brent. Дополнительно мы ввели новый параметр — **финансовый потенциал продаж** VC , определяемый как произведение объема продаж на среднюю цену нефти.

Динамика показала, что объем V является явно неуправляемой величиной, поэтому для функции $VC = f(V, C, t)$ в статье статистическая выборка была сжата относительно максимальных объемов продаж V_{\max} . При подготовке статьи правый край выборки был доведен до 04.04.2016.

В большинстве случаев для идентификации искомым закономерностей достаточна конструкция асимметричного вейвлета [2–4] типа

$$y = \sum_{i=1}^m y_i, \quad y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i}), \quad (1)$$

где y — показатель (зависимый фактор), $y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i})$, i — номер составляющей модели (1), m — количество членов в модели (1), x — объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \dots a_8$ — параметры, принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации (1) в программной среде типа CurveExpert, $A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}})$ — амплитуда (половина) асимметричного вейвлета (ось y), $p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}$ — полупериод колебательного возмущения (ось x).

Фрагмент исходных данных для моделирования посуточной динамики параметров нефти из 2319 точек дан в таблице 1.

Приняты следующие условные обозначения:

t — время с начала регистрации на сайте, сутки;

C — средняя цена нефти марки Brent, \$/баррель;

ΔC — разница максимальной и минимальной ценами, \$/баррель;

V — объем продаж нефти марки Brent, K^{-1} [1];

VC — финансовый потенциал продаж нефти, причем $VC = V \times C$.

Начало координат $t=0$ было принято для 02.03.2007 (программа CurveExpert позволяет обрабатывать массивы до 3500 строк). Посуточная

разница в цене 10.89 \$/баррель была максимальной на дату 06.06.2008. Максимум цены нефти марки Brent 146.08 \$/баррель наблюдался на дату 03.07.2008, то есть с небольшим сдвигом во времени на 27 суток.

Таблица 1 Исторические данные — Нефть Brent

| Дата | t , сутки | C , \$/бар. | ΔC , \$/бар. | V , К ⁻¹ | VC |
|------------|----------------|------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| 02.03.2007 | 0 | 62.08 | 1.14 | 78.32 | 4862.1 |
| 05.03.2007 | 3 | 60.54 | 1.70 | 82.22 | 4977.6 |
| 06.03.2007 | 4 | 61.39 | 0.95 | 81.19 | 4984.3 |
| 07.03.2007 | 5 | 62.50 | 1.44 | 80.41 | 5025.6 |
| 08.03.2007 | 6 | 62.33 | 1.04 | 78.87 | 4916.0 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 06.06.2008 | 460 | 137.69 | 10.89 | 132.67 | 18267.33 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 03.07.2008 | 487 | 146.08 | 2.51 | 76.77 | 11214.56 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 23.06.2011 | 1574 | 107.26 | 7.68 | 463.81 | 49748.26 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 18.02.2016 | 3268 | 34.28 | 1.94 | 324.10 | 11110.1 |
| 19.02.2016 | 3269 | 33.01 | 1.78 | 287.09 | 9476.8 |
| 22.02.2016 | 3272 | 34.69 | 2.12 | 233.33 | 8094.2 |
| 23.02.2016 | 3273 | 33.27 | 2.21 | 348.08 | 11580.6 |
| 24.02.2016 | 3274 | 34.41 | 2.30 | 344.00 | 11837.0 |

Наибольший объем продаж 463.81К был зафиксирован на дату 23.06.2011.

Как видно из данных таблицы 1, максимальный потенциал продаж нефти 49748.26К\$ был 23.06.2011, то есть через $1574 - 487 = 1087$ суток. При этом максимумы V_{\max} и $V_{\max}C$ по дате совпадают. Поэтому дополнительно можно изучать динамику трех факторов и по максимумам объема продаж.

После идентификации [3] получена (рис. 1) трехчленная формула (первые два члена являются трендом)

$$V = V_1 + V_2 + V_3, \quad (2)$$

$$V_1 = 83.26347 \exp(0.00016882t^{1.07652}),$$

$$V_2 = 1.86592 \cdot 10^{-28} t^{10.56738} \exp(-0.0041258t^{1.06040}),$$

$$V_3 = A_1 \cos(\pi t / p_1 + 3.29945), \quad A_1 = -1.37286 \exp(0.19172t^{0.29464}),$$

$$p_1 = 184.55995 + 0.00036346t^{1.33532}.$$

Первый член (2) показывает естественный тренд по закону экспоненциального роста. А вторая часть тренда по биотехническому закону характеризует стрессовое возбуждение мировой экономики (положительный

отклик объема продаж нефти на рост производства). Третий член является волной колебательной адаптации объема продаж к спросу на рынках нефти с переменными половиной амплитуды и полупериодом. Причем амплитуда со временем нарастает и может достичь опасной черты. А полупериод колебания также возрастает, но при этом частота колебания снижается, и система рынков нефти постепенно будет успокаиваться.

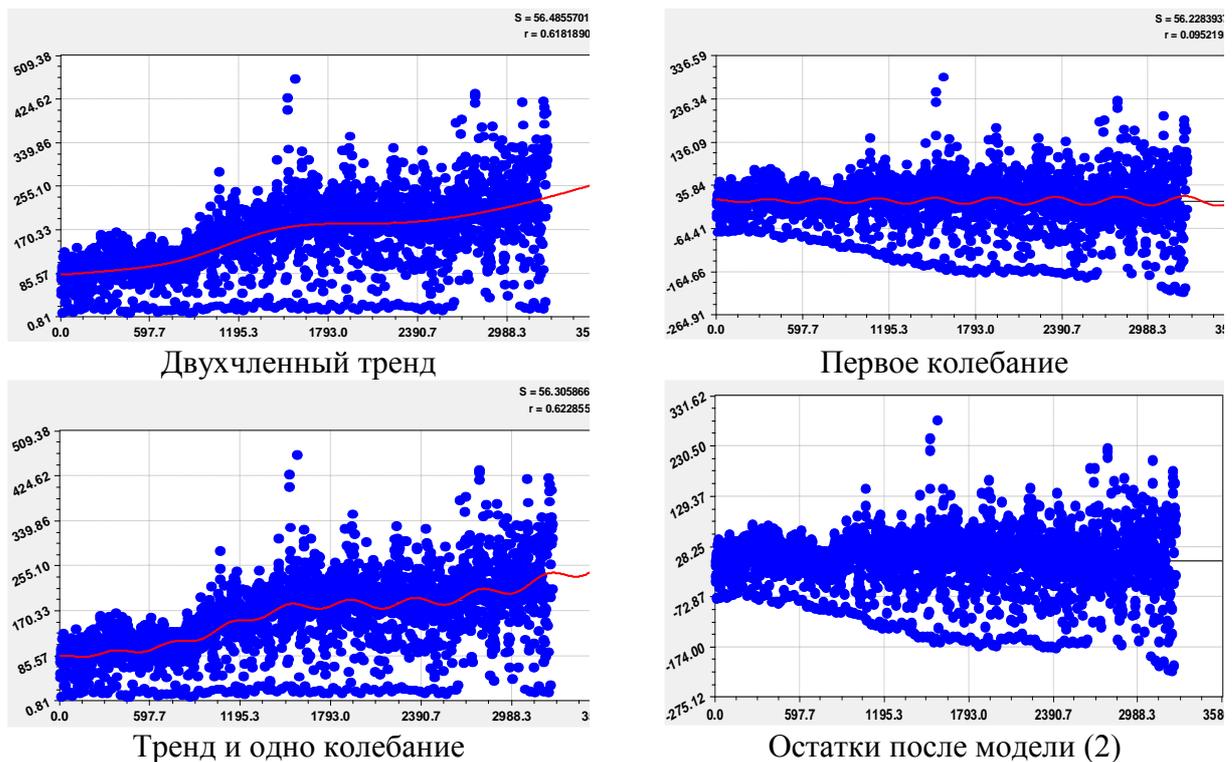


Рис. 1. Посуточная динамика объемов продажи нефти марки Brent

Из расположения точек на рисунке 1 видно, что динамика очень хаотична, значения объема продаж меняются почти от нуля до возрастающего максимума. Главной задачей стран является уменьшение разброса точек и только в этом случае возможен управляемый рост цены на нефть.

Динамика средней цены нефти определена (рис. 2), так как четко прослеживается общая линия, включающая множество волн. Таким образом, цена нефти оказалась самым наглядным показателем. На этот параметр обращают большее внимание, чем на объем продаж нефти.

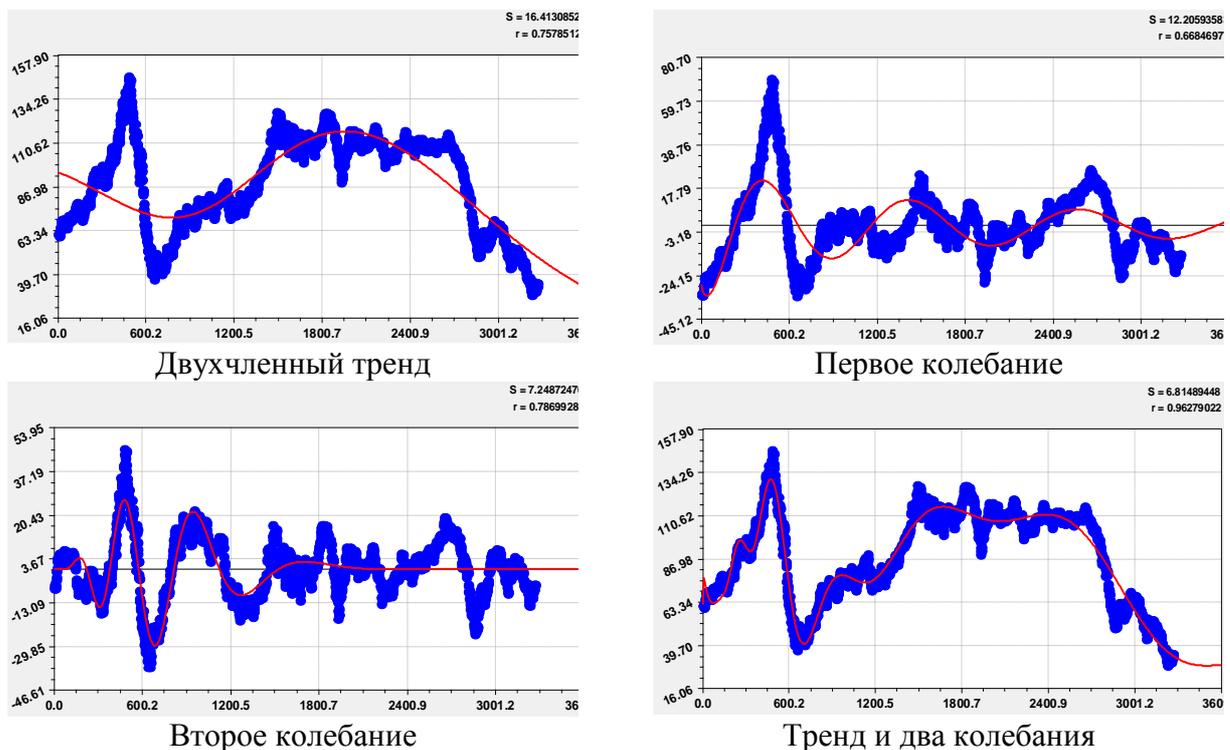


Рис. 2. Посуточная динамика цены нефти марки Brent (модель по возможностям среды)

В таблице 2 даны параметры модели (1) в компактной форме записи.

Таблица 2. Составляющие модели посуточной динамики показателей нефти Brent

| Но- мер <i>i</i> | Асимметричный вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$ | | | | | | | | Коэфф. коррел. <i>r</i> |
|--|---|----------|-------------|----------|----------------------|------------|----------|----------|-------------------------------|
| | амплитуда (половина) колебания | | | | полупериод колебания | | сдвиг | | |
| | a_{1i} | a_{2i} | a_{3i} | a_{4i} | a_{5i} | a_{6i} | a_{7i} | a_{8i} | |
| Посуточная динамика объема продаж нефти Brent с 02.03.2007 по 24.02.2016 | | | | | | | | | |
| 1 | 83.26347 | 0 | -0.00016882 | 1.07652 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6229 |
| 2 | 1.86592e-28 | 10.56738 | 0.0041258 | 1.06040 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | -1.37286 | 0 | -0.19172 | 0.29464 | 184.55995 | 0.00036346 | 1.33532 | -3.29945 | |
| Посуточная динамика цены нефти Brent с 02.03.2007 по 24.02.2016 | | | | | | | | | |
| 1 | 115.15135 | 0 | 0.00018575 | 1.22708 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9628 |
| 2 | 6.0053e-19 | 6.97336 | 0.0020764 | 1.05662 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | -15785.009 | 0 | 4.37062 | 0.063126 | -215.06488 | 207.32917 | 0.15311 | 1.56744 | |
| 4 | 6.12047e-8 | 3.58761 | 0.0045920 | 1.00979 | 47.47179 | 0.079706 | 1.00984 | 4.43074 | |
| 5 | 3.42697 | 0 | -0.00021716 | 1 | 157.04124 | 0.0018259 | 1.19674 | 2.40157 | 0.5252 |
| 6 | 2.07610e-8 | 2.80085 | 0.00078148 | 1.04389 | 153.75961 | 0.017971 | 1.03357 | 0.36851 | 0.3949 |
| 7 | -1.13788e-15 | 5.26909 | 0.0019938 | 1.00187 | 147.34290 | 0.00061846 | 1.00203 | 3.73945 | 0.5156 |
| 8 | 0.016508 | 1.36834 | 0.0072562 | 0.97535 | 110.48458 | -0.0067462 | 0.99496 | 3.01780 | 0.3351 |
| 9 | 1.22512e-5 | 1.88312 | 0.0011559 | 0.96205 | 70.81143 | 0.0042431 | 1.00830 | 3.78613 | 0.4689 |
| 10 | 8.17140e-12 | 3.83627 | 0.0010073 | 1.06450 | 76.62036 | 0.0047621 | 1.03884 | 2.90780 | 0.1883 |
| 11 | -1.14035 | 0 | -0.00011619 | 1 | 64.10881 | 1.59362e-5 | 1 | 0.79479 | 0.2642 |
| Посуточная динамика разницы цены нефти Brent с 02.03.2007 по 24.02.2016 | | | | | | | | | |
| 1 | 2.21060 | 0 | -0.00094481 | 0.95302 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5711 |
| 2 | -2.08615e-6 | 1.95981 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | -0.047352 | 0.69874 | 0.0016116 | 1.00624 | 429.12539 | 0.28103 | 0.80543 | 0.40723 | |
| 4 | 0.14004 | 0 | -0.0023183 | 0.75782 | 299.92611 | 0 | 0 | 4.84285 | 0.1920 |
| Посуточная динамика финансового потенциала нефти Brent | | | | | | | | | |
| 1 | 6640.6385 | 0 | 0.00074841 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7028 |
| 2 | 3.71833e-7 | 3.74246 | 0.0011401 | 1.06349 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 0.15705 | 2.02389 | 0.0081130 | 0.87654 | 127.28569 | 0.21342 | 1.03785 | 4.99894 | |

| Но- мер <i>i</i> | Асимметричный вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$ | | | | | | | | Коэфф. коррел. <i>r</i> |
|------------------------|---|----------|------------|----------|----------------------|-----------|----------|----------|-------------------------------|
| | амплитуда (половина) колебания | | | | полупериод колебания | | | сдвиг | |
| | a_{1i} | a_{2i} | a_{3i} | a_{4i} | a_{5i} | a_{6i} | a_{7i} | a_{8i} | |
| 4 | 8.92644e-8 | 3.03687 | 8.49361e-5 | 1 | 93.23932 | 0.0093447 | 1 | 2.85920 | 0.1608 |

По вычислительным возможностям программной среды CurveExpert-1.40 были получены четыре члена (два для тренда и еще два колебания), показанные на рисунке 2. Затем были получены еще семь колебаний (рис. 3). Такое разложение на отдельные тренды и колебания называется вейвлет-анализом. Причем тренд является частным случаем вейвлета.

Наш метод идентификации общей формулы (1) позволяет получать до 100 и более асимметричных вейвлетов. После суммы вейвлетов остатки показывают неидентифицируемый шум из-за неучтенных факторов.

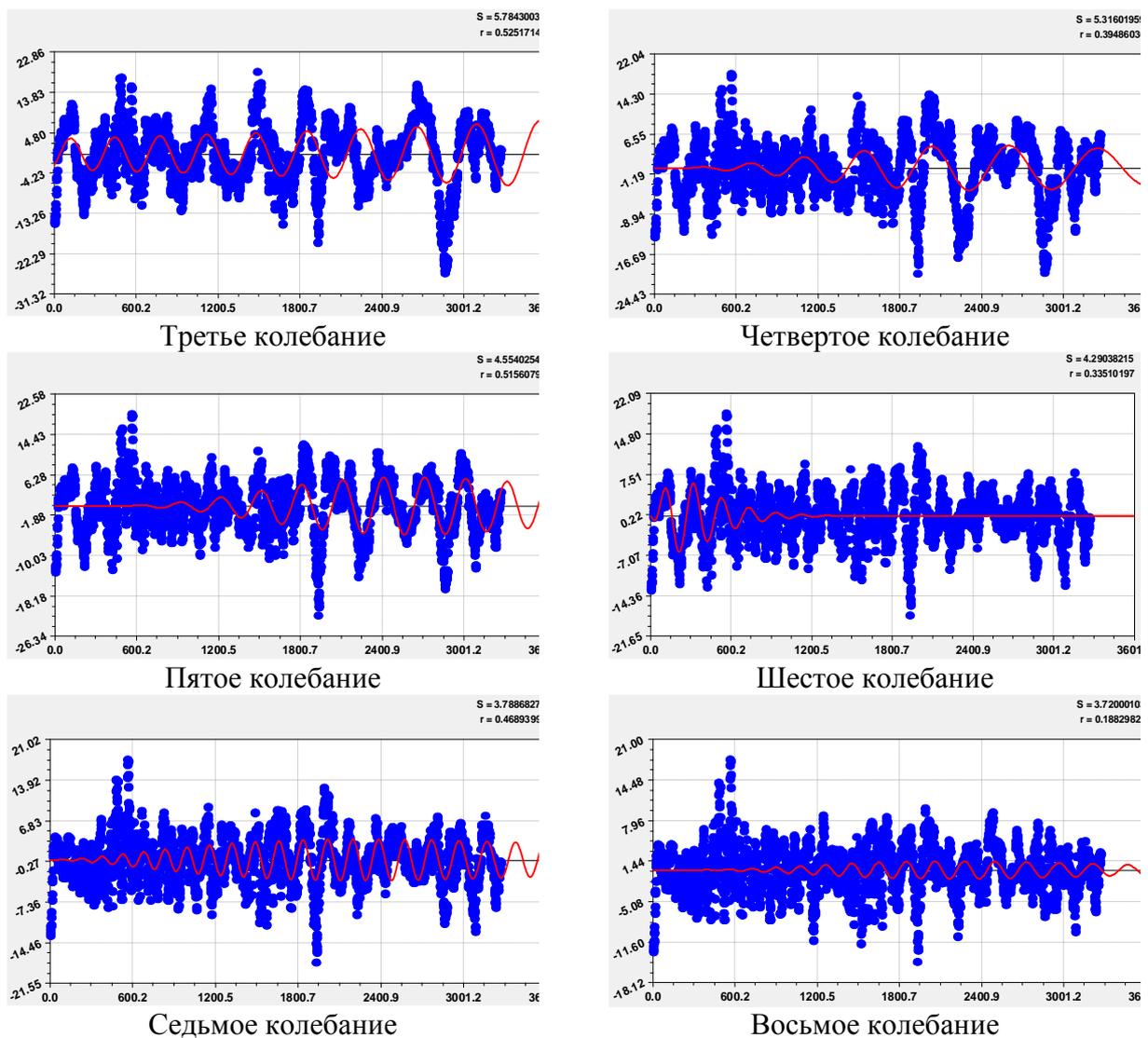


Рис. 3. Дополнительные колебания в динамике цены нефти марки Brent

Из 11 членов общей модели (1) девять оказались вейвлетами. Их можно изучать методами анализа амплитудно-частотных характеристик.

Динамика разницы цены показывает ежесуточную флюктуацию цены нефти от минимума до максимума (рис. 4). Из таблицы 1 становится понятным, что вначале начинает упорядочиваться средняя цена, которая по мере снижения получает меньший размах в каждые сутки. Затем начинает снижаться до уровня спроса (напомним, что в 2014 г. предложение превышало спрос в два раза) объем продаж. Эта закономерность показывает, что цена на нефть не будет повышаться до тех пор, пока предложение не снизится до уровня требуемого развитием экономики мира спроса. Но для этого нужно всем странам экспортерам совместно управлять объемами продаж.

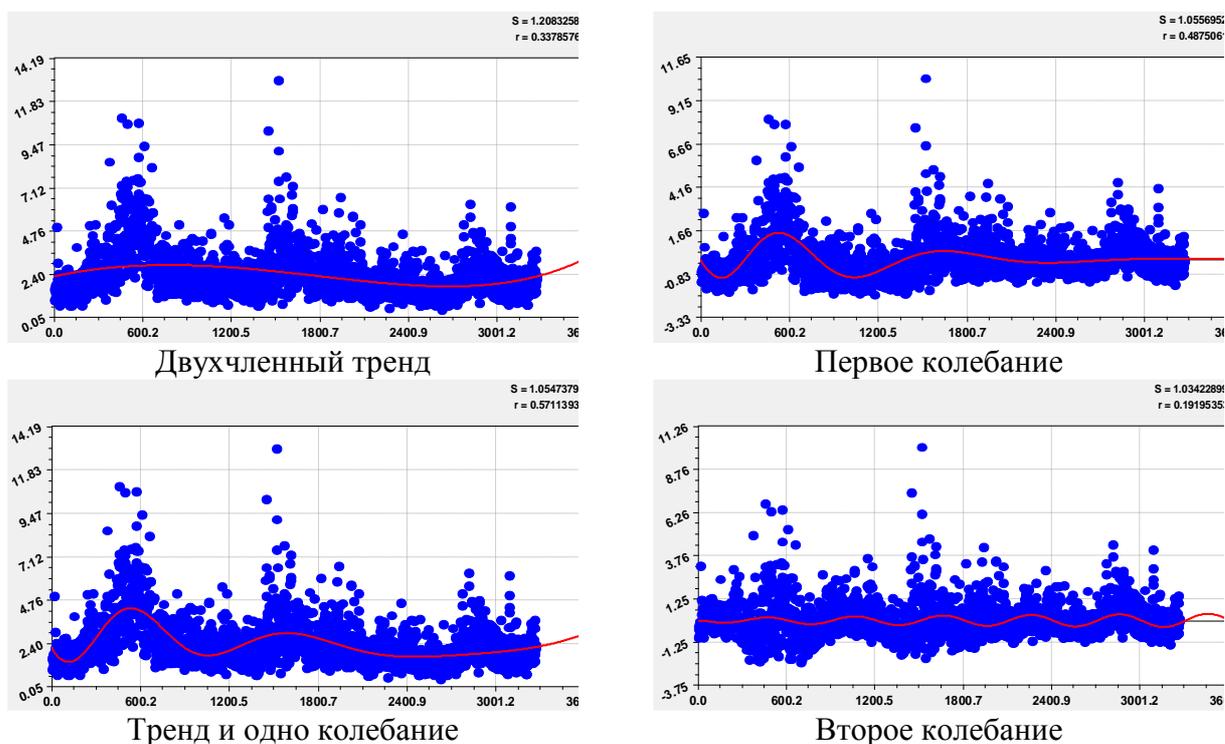


Рис. 4. Посуточная динамика разницы цены нефти марки Brent

Из первых членов модели (1) по данным таблицы 2 видно, что естественными трендами являются повышение объема продаж и разницы цены в мире по закону экспоненциального роста, а также снижение по закону экспоненциальной гибели средней цены нефти и финансового потенциала. Так происходит постепенный приход всех нефтедобывающих стран к некоторому явно неустойчивому динамическому равновесию.

Динамика финансового потенциала как параметр мировых рынков нефти аналогичен энергетическому потенциалу, который в природе стремится к минимальному уровню (минимуму энергетических затрат). Также происходит, хотя и явно неосознанно, и в процессах добычи, продаж и потребления нефти и других видов энергоносителей. Несмотря на естественный тренд по закону экспоненциальной гибели, вторая составляющая показывает стрессовое возбуждение мировой экономики (рис. 5).

Это возбуждение сопровождалось ростом флюктуации этого показателя и размах потенциала до ноября 2014 г. был очень высоким. Затем началось снижение размаха и среднестатистического значения потенциала. Так началось упорядочивание потенциала, который ныне требует управления двумя параметрами — объемом продаж и ценой нефти.

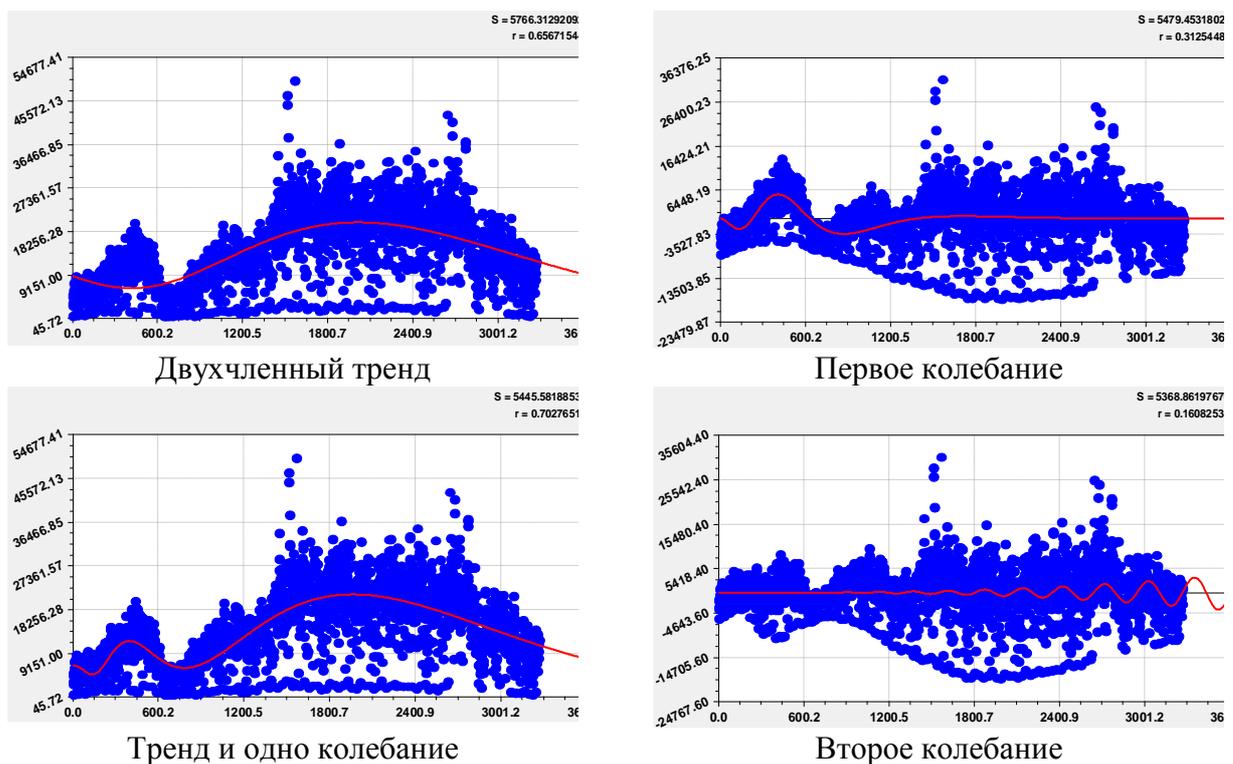


Рис. 5. Посуточная динамика финансового потенциала VC нефти марки Brent

Далее из посуточного статистического ряда в 3314 точек методом градиентного минимаксного анализа выберем 29 строк, имеющих максимальные значения объема продаж.

Рейтинг дат продаж. Ранжирование всегда происходит относительно чьих-то интересов, поэтому любой рейтинг можно оценить по вектору

предпорядка предпочтительности отдельных показателей, учитываемых в данном рейтинге. Для российского нефтяного хозяйства важны такие вектора: цена больше, лучше; объемы общих продаж меньше (а своих объемов продаж по доле больше), лучше; разница в цене меньше, лучше; финансовый капитал больше, то это лучше (табл. 3).

Таблица 3. Прошлые данные при максимальном объеме продаж нефти Brent

| Дата | Время t , сутки | R_C | Цена нефти C , \$/баррель | $R_{\Delta C}$ | Разница цены ΔC , \$/баррель | R_V | Объём продаж V_{\max} , K^{-1} | R_{V_C} | Финанс. потенциал $V_{\max} C$ | ΣR | Мес- то I |
|-------------------|----------------------|----------|--------------------------------|----------------|--|-----------|--|-----------|--------------------------------------|------------|-------------------|
| 05.03.2007 | 3 | 17 | 60.54 | 7 | 1.70 | 0 | 82.22 | 28 | 4977.60 | 52 | 12 |
| 09.03.2007 | 7 | 16 | 61.13 | 4 | 1.52 | 1 | 82.33 | 27 | 5032.83 | 48 | 7 |
| 16.03.2007 | 14 | 18 | 60.3 | 8 | 1.78 | 2 | 89.96 | 26 | 5424.59 | 54 | 14 |
| 20.03.2007 | 18 | 19 | 60.2 | 0 | 1.06 | 3 | 98.31 | 25 | 5918.26 | 47 | 6 |
| 22.03.2007 | 20 | 15 | 62.51 | 10 | 1.82 | 4 | 117.06 | 24 | 7317.42 | 53 | 13 |
| 29.03.2007 | 27 | 13 | 67.88 | 15 | 3.00 | 5 | 127.83 | 23 | 8677.10 | 56 | 18 |
| 20.06.2007 | 110 | 11 | 70.42 | 12 | 2.40 | 6 | 135.77 | 22 | 9560.92 | 51 | 9 |
| 28.11.2007 | 271 | 5 | 89.81 | 21 | 3.83 | 7 | 156.21 | 11 | 14029.22 | 44 | 4 |
| 29.11.2007 | 272 | 4 | 90.22 | 17 | 3.09 | 8 | 160.73 | 10 | 14501.06 | 39 | 2 |
| 17.03.2008 | 379 | 3 | 101.75 | 26 | 8.47 | 9 | 165.41 | 8 | 16830.47 | 46 | 5 |
| 24.09.2009 | 934 | 14 | 64.82 | 19 | 3.40 | 10 | 195.59 | 16 | 12678.14 | 59 | 21 |
| 19.01.2010 | 1051 | 8 | 77.63 | 13 | 2.48 | 11 | 202.06 | 9 | 15685.92 | 41 | 3 |
| 03.02.2010 | 1066 | 9 | 75.92 | 5 | 1.53 | 12 | 229.63 | 7 | 17433.51 | 33 | 1 |
| 04.02.2010 | 1067 | 10 | 72.13 | 22 | 4.52 | 13 | 248.42 | 6 | 17918.53 | 51 | 9 |
| 05.02.2010 | 1068 | 12 | 69.59 | 23 | 4.65 | 14 | 282.11 | 5 | 19632.03 | 54 | 14 |
| 24.02.2011 | 1452 | 0 | 111.36 | 28 | 10.19 | 18 | 305.89 | 4 | 34063.91 | 50 | 8 |
| 06.05.2011 | 1523 | 1 | 109.13 | 27 | 9.09 | 25 | 427.37 | 1 | 46638.89 | 54 | 14 |
| 23.06.2011 | 1574 | 2 | 107.26 | 25 | 7.68 | 28 | 463.81 | 0 | 49748.26 | 55 | 17 |
| 15.10.2014 | 2777 | 7 | 84.12 | 14 | 2.64 | 27 | 434.89 | 3 | 36582.95 | 51 | 9 |
| 16.10.2014 | 2778 | 6 | 85.82 | 24 | 5.07 | 26 | 430.68 | 2 | 36960.96 | 58 | 20 |
| 19.01.2016 | 3238 | 28 | 28.76 | 6 | 1.64 | 24 | 419.48 | 18 | 12064.24 | 76 | 26 |
| 22.01.2016 | 3241 | 26 | 32.18 | 16 | 3.01 | 23 | 407.78 | 14 | 13122.36 | 79 | 27 |
| 16.02.2016 | 3266 | 26 | 32.18 | 20 | 3.63 | 22 | 398.49 | 15 | 12823.41 | 83 | 29 |
| 17.02.2016 | 3267 | 25 | 34.50 | 18 | 3.17 | 21 | 355.92 | 17 | 12279.24 | 81 | 28 |
| 08.03.2016 | 3287 | 23 | 39.65 | 11 | 2.17 | 20 | 352.25 | 12 | 13966.71 | 66 | 25 |
| 09.03.2016 | 3288 | 21 | 41.07 | 9 | 1.79 | 19 | 333.49 | 13 | 13696.43 | 62 | 23 |
| 10.03.2016 | 3289 | 22 | 40.05 | 1 | 1.38 | 17 | 287.78 | 20 | 11525.59 | 60 | 22 |
| 18.03.2016 | 3297 | 20 | 41.20 | 3 | 1.47 | 15 | 286.65 | 19 | 11809.98 | 57 | 19 |
| 04.04.2016 | 3314 | 24 | 37.69 | 2 | 1.42 | 15 | 286.65 | 21 | 10803.84 | 62 | 23 |

Для России лучшей оказалась дата 03.02.2010. На этот день среднесуточная цена нефти была 75.92 \$/баррель. Минэкономики РФ до сих пор мечтает об этой цене, но это значение никогда не будет достигнуто (для повышения цены нужна война и дестабилизация предложения и спроса).

До 04.04.2016 за $3314 - 1066 = 2248$ суток Россия так и не диверсифицировала свою экономику. Как Емеля дурачок мы всё ждем повышения цен на наши энергоносители. Но напрасно: на последнюю дату ряда мы оказались по уровню цены на 24-ом месте. Флюктуация цены стала благоприятной — всего 1.42 \$/баррель (второе место). По объему продаж и финансовому потенциалу для России также наступили тяжелые времена. Чтобы улучшить положение нашей страны нужно уменьшить мировой объем продаж нефти на $286.65K - 229.63K = 57.02K$. Это означает только одно: нужно усиливать политические решения по совместному управлению объемами продаж странами-экспортерами разных марок нефти.

На рисунке 6 даны графики ранговых распределений по формулам:

$$C = 110.11754 \exp(-0.027859 R_C^{1.14075}); \quad (3)$$

$$\Delta C = 1.53604 \exp(0.0012268 R_{\Delta C}^{2.20682}); \quad (4)$$

$$V_{\max} = 50.90084 \exp(0.45800 R_V^{0.47637}); \quad (5)$$

$$V_{\max} C = 49858.653 \exp(-0.10715 R_{VC}^{0.90096}) - 2.49342 \cdot 10^8 R_{VC}^{15.94951} \exp(-19.17101 R_{VC}^{0.39208}). \quad (6)$$

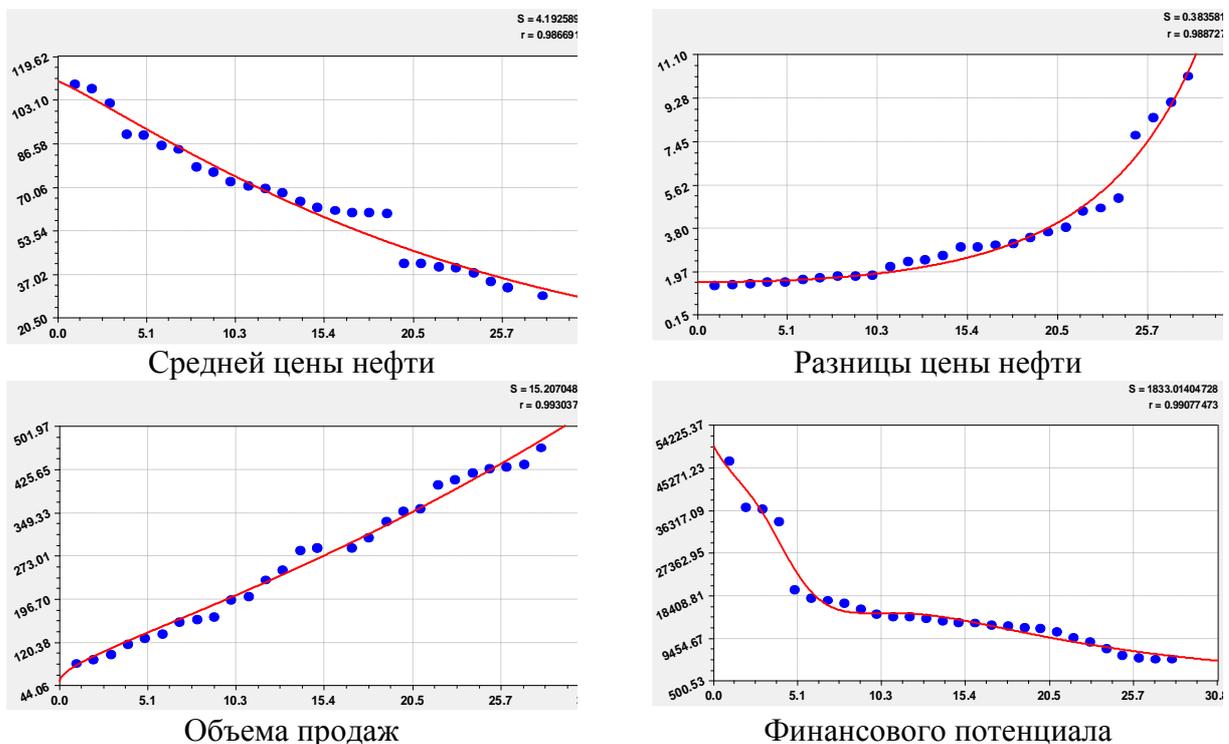


Рис. 6. Графики ранговых распределений параметров нефти марки Brent

Сумма рангов от места по таблице 3 выявляется (рис. 7) формулой

$$\begin{aligned} \sum R = & 0.32281 \exp(4.67689 I^{0.034458}) + \\ & + 1.66588 \cdot 10^{-84} I^{81.57198} \exp(-2.39014 I^{1.03774}). \end{aligned} \quad (7)$$

Первый член показывает медленный рост суммы рангов. Поэтому основное влияние оказывает второй член, который всегда характеризует антропогенное влияние. В будущем рейтинг дат может даже уменьшаться.

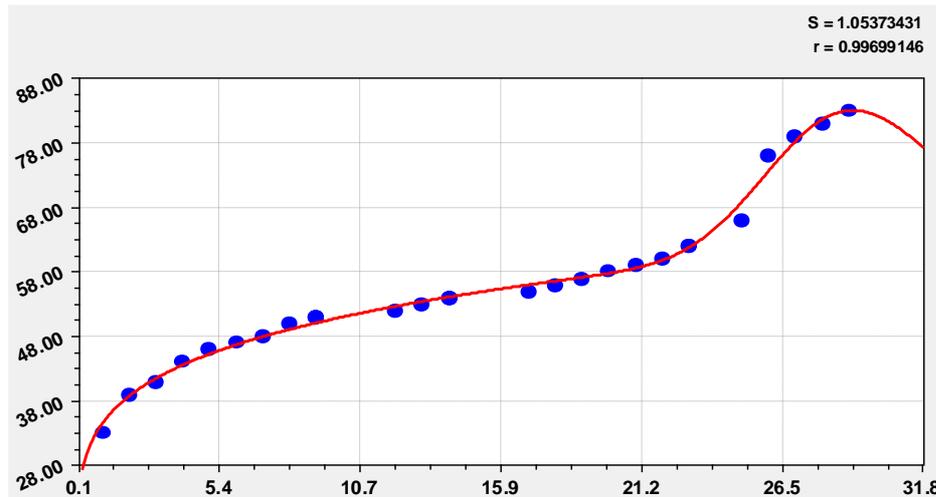


Рис. 7. Рейтинг дат по данным таблицы 3 параметров нефти марки Brent

Со временем рейтинг будет снижаться. И может статься, что лучшие места в рейтинге окажутся и для России в ближайшем будущем, если страны экспортеры нефти сообща найдут приемлемые для всех меры по стабилизации объемов при относительно низких ценах на разные марки нефти.

Изменение финансового потенциала. Влияние максимального объема продаж на финансовый потенциал (рис. 8) определяется общей моделью (1) с параметрами, значения которых приведены в таблице 4. Графики показывают, что имеется глобальный минимум потенциала при объеме продаж нефти от 350К до 400К. По первому колебанию турбулентность начинается с объема 150К. При этом амплитуда возрастет, а период колебания снижается (частота возрастает). Этот процесс движения к поломке системы сопровождается еще тремя конечномерными вейвлетами, которые возникают в интервале объема продаж от 150К до 500К.

Таблица 4. Составляющие модели изменения финансового потенциала нефти Brent

| Но- мер <i>i</i> | Асимметричный вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$ | | | | | | | | Коэфф. коррел. <i>r</i> |
|--|---|----------|-----------|----------|----------------------|------------|----------|----------|-------------------------------|
| | амплитуда (половина) колебания | | | | полупериод колебания | | | сдвиг | |
| | a_{1i} | a_{2i} | a_{3i} | a_{4i} | a_{5i} | a_{6i} | a_{7i} | a_{8i} | |
| Влияние максимального объема продаж нефти Brent с 02.03.2007 по 04.04.2016 | | | | | | | | | |
| 1 | 0.030593 | 2.65522 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8981 |
| 2 | -1.30816e-18 | 5.55027 | 0.0030572 | 1.13539 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | -0.077551 | 2.28694 | 0.90989 | 0.12776 | 143.33353 | -0.0012729 | 1.74340 | 5.79339 | |
| 4 | -1.98819e-92 | 46.57912 | 0.14156 | 1.01135 | 32.79186 | 6.78730e-5 | 1.56140 | 0.72537 | 0.5382 |
| 5 | -2.60672e-83 | 38.66397 | 0.081489 | 1.00038 | 8.22069 | - | 1 | - | 0.7366 |
| 6 | -8.63816e-43 | 22.72976 | 0.081491 | 0.99618 | 9.92585 | 0.00055485 | 1.29067 | 3.26322 | 0.7474 |
| Влияние средней цены цены нефти Brent с 02.03.2007 по 04.04.2016 | | | | | | | | | |
| 1 | 0.20488 | 2.60095 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9704 |
| 2 | 7.16412e-18 | 19.36939 | 0.57200 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 3.19177e-83 | 54.83289 | 0.32698 | 1.10367 | 13.54299 | -0.048365 | 1.01118 | - | |
| 4 | 4.93463e-44 | 30.96931 | 0.29231 | 1.03846 | 0.79515 | 0 | 0 | 4.67471 | 0.5561 |

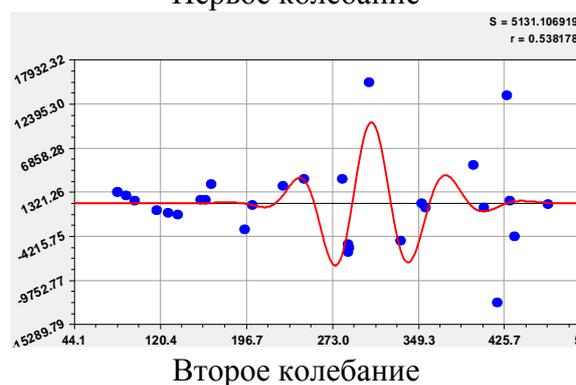
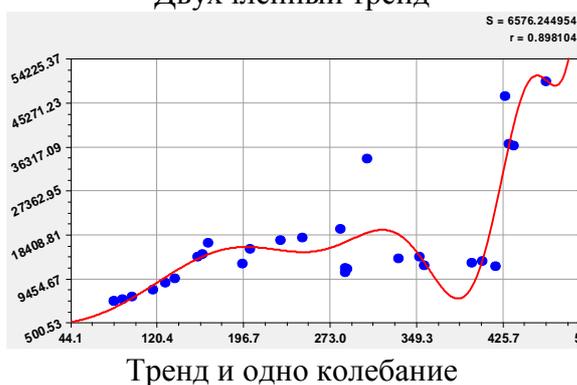
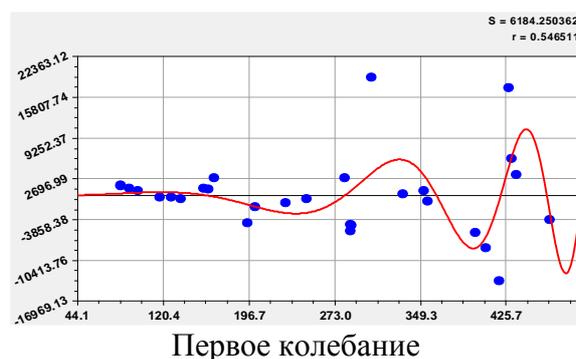
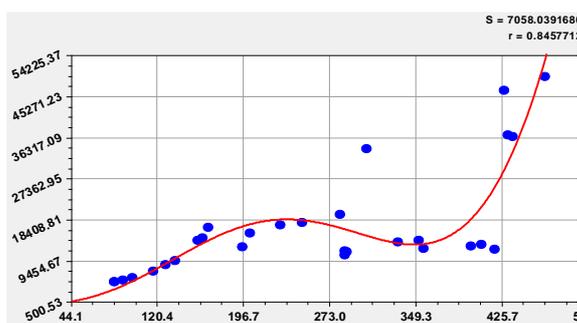


Рис. 7. Графики влияния максимума объема продаж на финансовый потенциал

Влияние средней цены на финансовый потенциал (рис. 8) дается формулой (1) с вейвлетами, параметры которых даны в таблице 4.

Из графиков на рисунке 8 видно, что стрессовое возбуждение потенциала возникает при малых значениях средней цены нефти. Начиная с 54 \$/баррель, остается только первая составляющая в виде показательного закона, а вторая составляющая постепенно исключается. Таким образом, игроки нефтяного рынка при росте объем продаж с 150К стараются сдерживать рост финансового потенциала, а при средней цене менее 54 \$/баррель, наоборот, стараются увеличивать финансовый потенциал. При цене выше 75 \$/баррель происходит сильное конечномерное колебание, а второе колебание начинается уже с 50 \$/баррель.

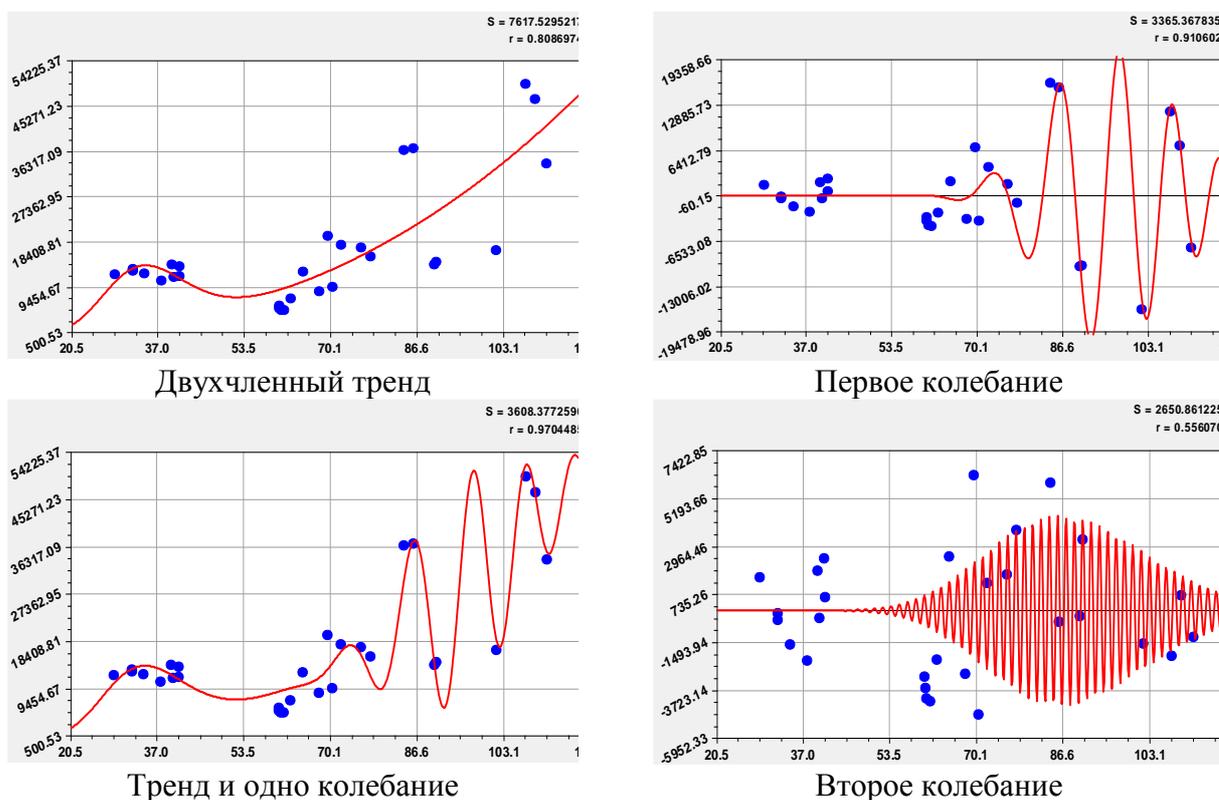


Рис. 8. Графики влияния средней цены на финансовый потенциал нефти Brent

Таким образом, ныне мировой рынок находится в интервале объема продаж чуть выше 150К, остерегаясь по графикам на рисунке 7 трех сильных колебаний и находясь в начале первого колебания. По цене на нефть находится в интервале менее 54 \$/баррель, исключив также два колебания. Поэтому можно считать, что в будущем цена нефти не будет повышаться, а рынок начнет

управлять стабилизацией ежедневных продаж нефти в пределах до 150К. Для этого нужно резко уменьшить разницу в объемах продаж, что позволить оставаться рынку на гребне финансового потенциала при снижении объема продаж с 286.65К на 04.04.2016 до уровня 150-200К.

Трехфакторное моделирование. Найдем трехфакторную функцию $P = V_{\max} C = f(V_{\max}, C, t)$. По каждому параметру выберем тренд с одной волной возмущения. Расставим эти модели: 1) 0,8981 — закономерность $P = f(V_{\max})$ на рисунке 7; 2) 0,9704 — выражение $P = f(C)$ на рисунке 8; 3) 0,7028 — формула $P = f(t)$ по рисунку 4 и параметрами в таблице 2. Однофакторные модели имеют уровень адекватности «сильные связи».

На рисунках 9 и 10 даны графики последовательных включений в остатки от модели (табл. 4) по трехфакторной формуле

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10}, \quad (8)$$

$$P_1 = 0.030593V_{\max}^{2.65522},$$

$$P_2 = -1.30816 \cdot 10^{-8} V_{\max}^{5.55027} \exp(-0.0030572V_{\max}^{1.13539}),$$

$$P_3 = A_1 \cos(\pi V_{\max} / p_1 - 5.79339),$$

$$A_1 = -0.077551V_{\max}^{2.28694} \exp(-0.90989V_{\max}^{1.74340}),$$

$$p_1 = 143.33353 - 0.0012729V_{\max}^{1.74340}, P_4 = -38810.2932 \exp(-0.069596C),$$

$$P_5 = 1.33158 \cdot 10^{-60} C^{31.31190}, P_6 = A_2 \cos(\pi C / p_2 + 0.12357),$$

$$A_2 = -1.10094 \cdot 10^{-19} C^{21.85098} \exp(9 - 0.70548C^{1.00441}),$$

$$p_2 = 13.01755 - 0.16794C^{1.03509}, P_6 = A_3 \cos(\pi / p_3 + 0.74194),$$

$$A_3 = 0.00011821t^{3.04908} \exp(-0.0039680t), p_3 = 192.26844,$$

$$P_7 = A_4 \cos(\pi / p_4 - 3.48117),$$

$$A_4 = 7.55017 \cdot 10^{-133} t^{47.22338} \exp(-0.020809t^{1.00493}),$$

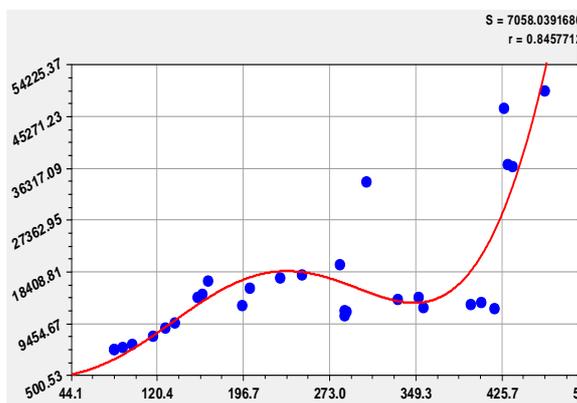
$$p_4 = 29.99962, P_8 = A_5 \cos(\pi / p_5 - 0.016106),$$

$$A_5 = -1.95969 \cdot 10^{-46} t^{3.55534} \exp(0.026371t), p_5 = 1.00106,$$

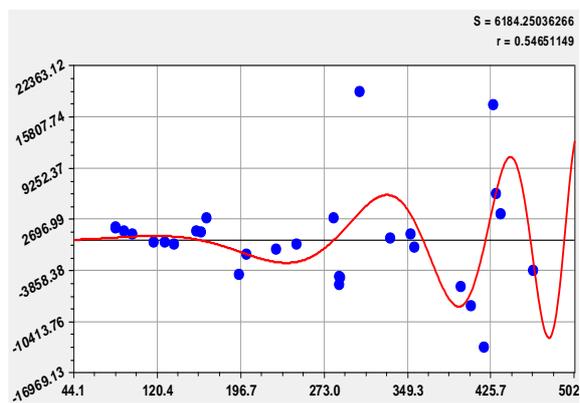
$$P_9 = A_6 \cos(\pi / p_6 - 1.77400), A_6 = 4.45309 \cdot 10^{-86} t^{29.97303} \exp(-0.011816t),$$

$$p_6 = 9.98869 + 6.44682 \cdot 10^{-9} t, P_{10} = A_7 \cos(\pi / p_7 + 0.025160),$$

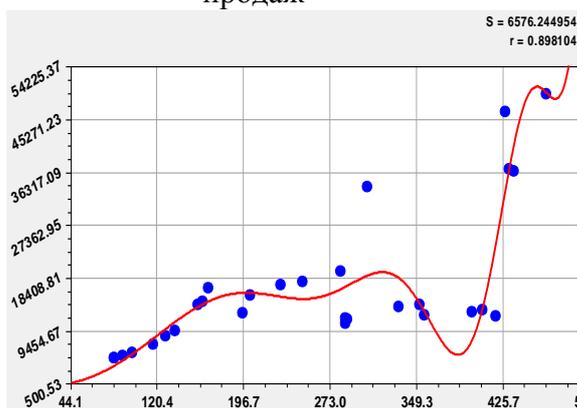
$$A_7 = 611.39335, p_7 = 101.30104 - 7.44831t^{0.035640}.$$



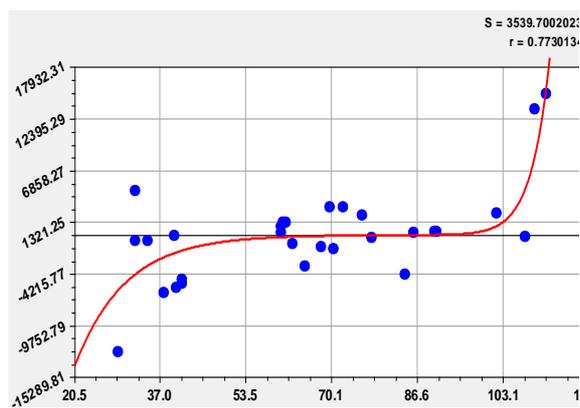
Двухчленный тренд влияния объема продаж



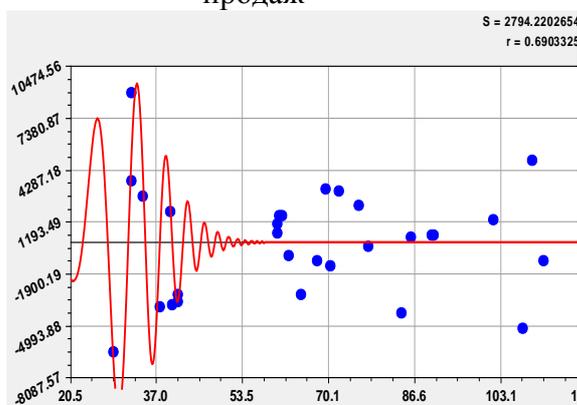
Первое колебание от объема продаж



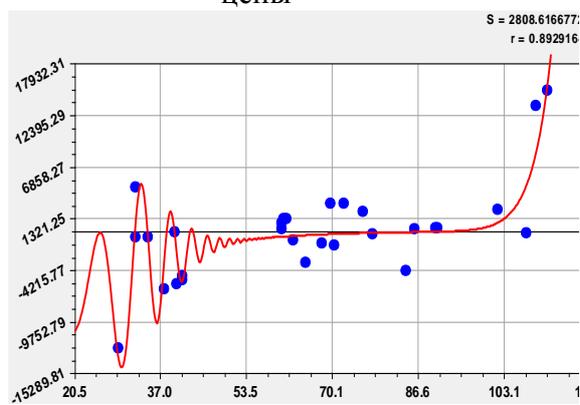
Тренд и колебание влияния объема продаж



Двухчленный тренд влияния средней цены



Первое колебание влияния средней цены



Тренд и колебание влияния средней цены

Рис. 9. Графики трехфакторной модели (8) параметров нефти марки Brent по влиянию объем продаж и средней цены нефти на финансовый потенциал

Второй фактор получает возмущение от 0 до 54 \$/баррель. При этом от 54 до 90 \$/баррель заметное только влияние объема продаж. И только после 90 \$/баррель цена нефти оказывает резкое влияние на потенциал. Таким образом, средняя цена не оказывает почти влияния на финансовый потенциал в интервале от 54 до 90 \$/баррель. Поэтому в последнее время цена нефти не может возрасти более 54 \$/баррель.

Верификация формулы (8) дана в таблице 5. Максимальная относительная погрешность равна 26,79% и она есть в начале динамического ряда. В конце ряда на 04.04.2016 показатель верификации достиг 2.08%.

Таблица 5. Расчет максимальной относительной погрешности модели (8)

| Дата | Время t , сутки | Цена C , \$/баррель | Объём V , K^{-1} | Потенциал VC | Модель (8) | |
|------------|-------------------|--------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|
| | | | | | Остатки ε | Относит. погр. Δ , % |
| 05.03.2007 | 3 | 60.54 | 82.22 | 4977.599 | 1321.020 | 26.54 |
| 09.03.2007 | 7 | 61.13 | 82.33 | 5032.833 | 1348.440 | 26.79 |
| 16.03.2007 | 14 | 60.3 | 89.96 | 5424.588 | 940.740 | 17.34 |
| 20.03.2007 | 18 | 60.2 | 98.31 | 5918.262 | 388.979 | 6.57 |
| 22.03.2007 | 20 | 62.51 | 117.06 | 7317.421 | -939.797 | -12.84 |
| 29.03.2007 | 27 | 67.88 | 127.83 | 8677.100 | -1214.420 | -14.00 |
| 20.06.2007 | 110 | 70.42 | 135.77 | 9560.923 | -563.640 | -5.90 |
| 28.11.2007 | 271 | 89.81 | 156.21 | 14029.22 | 610.633 | 4.35 |
| 29.11.2007 | 272 | 90.22 | 160.73 | 14501.06 | 591.286 | 4.08 |
| 17.03.2008 | 379 | 101.75 | 165.41 | 16830.47 | -707.026 | -4.20 |
| 24.09.2009 | 934 | 64.82 | 195.59 | 12678.14 | -199.842 | -1.58 |
| 19.01.2010 | 1051 | 77.63 | 202.06 | 15685.92 | -1810.28 | -11.54 |
| 03.02.2010 | 1066 | 75.92 | 229.63 | 17433.51 | -169.961 | -0.97 |
| 04.02.2010 | 1067 | 72.13 | 248.42 | 17918.53 | 684.561 | 3.82 |
| 05.02.2010 | 1068 | 69.59 | 282.11 | 19632.03 | 780.108 | 3.97 |
| 24.02.2011 | 1452 | 111.36 | 305.89 | 34063.91 | -450.919 | -1.32 |
| 06.05.2011 | 1523 | 109.13 | 427.37 | 46638.89 | -144.173 | -0.31 |
| 23.06.2011 | 1574 | 107.26 | 463.81 | 49748.26 | 707.140 | 1.42 |
| 15.10.2014 | 2777 | 84.12 | 434.89 | 36582.95 | -510.339 | -1.40 |
| 16.10.2014 | 2778 | 85.82 | 430.68 | 36960.96 | 147.284 | 0.40 |
| 19.01.2016 | 3238 | 28.76 | 419.48 | 12064.24 | 279.39 | 2.32 |
| 22.01.2016 | 3241 | 32.18 | 407.78 | 13122.36 | -400.406 | -3.05 |
| 16.02.2016 | 3266 | 32.18 | 398.49 | 12823.41 | -138.225 | -1.08 |
| 17.02.2016 | 3267 | 34.50 | 355.92 | 12279.24 | 364.860 | 2.97 |
| 08.03.2016 | 3287 | 39.65 | 352.25 | 13966.71 | 758.773 | 5.43 |
| 09.03.2016 | 3288 | 41.07 | 333.49 | 13696.43 | -633.556 | -4.63 |
| 10.03.2016 | 3289 | 40.05 | 287.78 | 11525.59 | -1567.18 | -13.60 |
| 18.03.2016 | 3297 | 41.20 | 286.65 | 11809.98 | 699.189 | 5.92 |
| 04.04.2016 | 3314 | 37.69 | 286.65 | 10803.84 | 224.613 | 2.08 |

Из трех колебаний во времени влияние годового цикла завершилось. Поэтому эта волна не влияет на будущее. Двухмесячный цикл также влияет со снижающейся амплитудой и, по-видимому, в конце 2016 г. также уйдет со сцены нефтяных рынков. Наиболее опасным становится двухсуточный цикл, который необходимо усмирить согласованными действиями стран-экспортеров нефти.

Влияние трехнедельного цикла также может в ближайшем будущем прекратиться. В идеальном случае время будет влиять на финансовый потенциал только по полугодовому циклу сезонности.

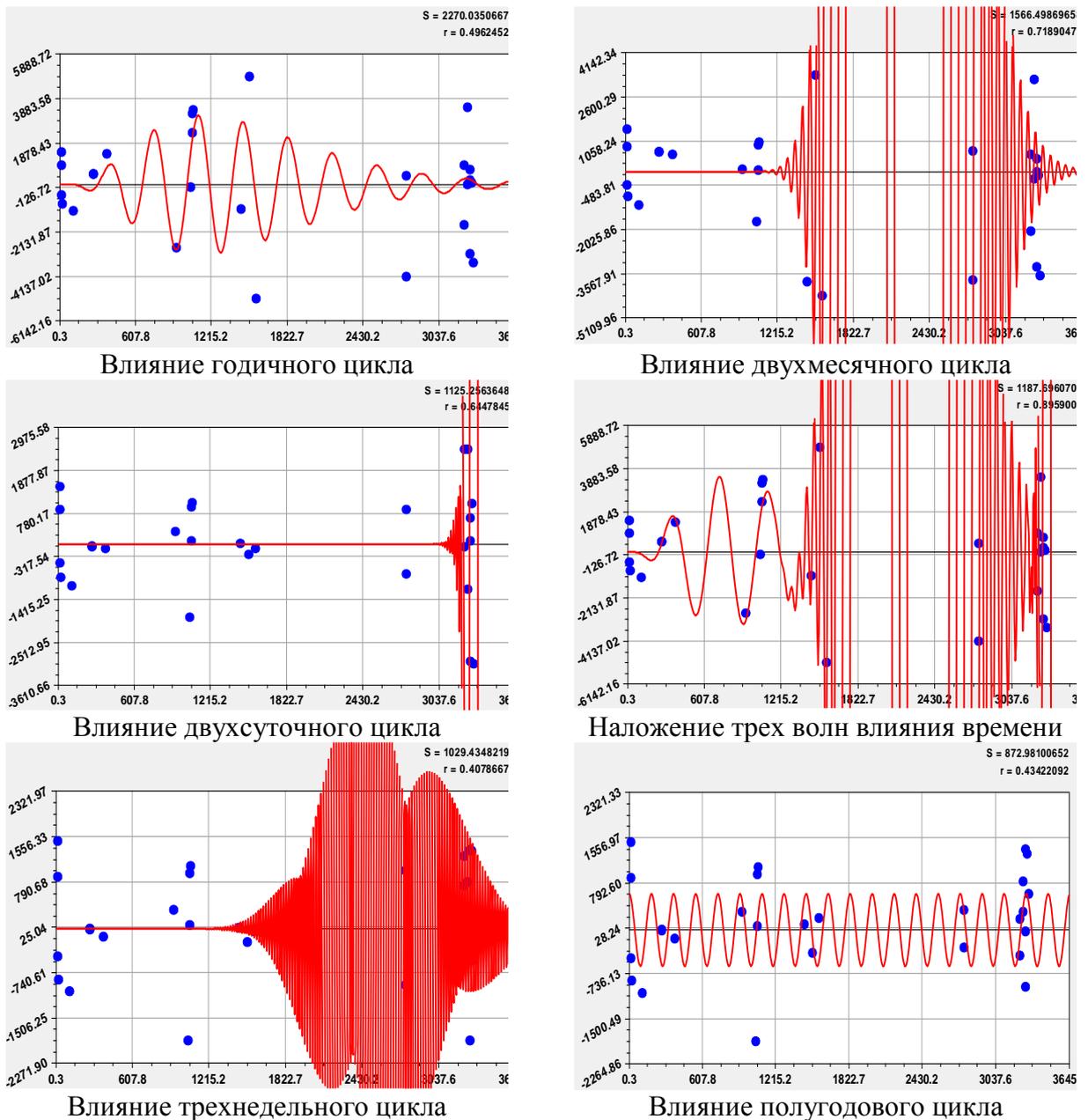


Рис. 10. Графики влияния времени на финансовый потенциал нефти марки Brent

Влияние полугодового цикла сезонности будет всегда с постоянной амплитудой, но со снижающимся полупериодом (повышающейся частотой) колебания. Эта амплитуда по значению будет составлять 5.7% от уровня финансового потенциала по состоянию на 04.04.2016.

Заключение. Трехфакторным моделированием удалось вычленить влияние времени со дня регистрации параметров нефти в России по разным

циклом. Наиболее опасным является двухсуточный цикл изменения финансового потенциала. При этом только снижение средней цены на нефть мене 54 \$/баррель позволяет держать в стрессовом повышающемся возбуждении этот финансовый потенциал. Анализ выявленных закономерностей показал, что объем продаж нефти является чрезвычайно изменчивой величиной. В итоге может произойти срыв объема продаж из-за резкого разрыва между предложением и спросом (добыча нефти превышает продажу в два раза). Поэтому нужны меры по дальнейшему снижению объема продаж до 1500К в сутки (вместо 286.65К по состоянию на 04.04.2016) при резком сужении амплитуды посуточного изменения объема продаж. Из-за такой флюктуации для факторного анализа были взяты только максимальные значения по огибающей посуточные статистические данные кривой.

Литература

1. Statistical Review of World Energy 2015. URL: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
2. Мазуркин П.М. Закономерности влияния курса доллара в России на мировую цену нефти Brent // Крымский научный вестник. — 2015. — №5. [Электронный ресурс] Режим доступа - URL: <http://krvestnik.ru/pub/2015/12/Mazurkin.pdf>
3. Мазуркин П.М. Метод идентификации закономерностей // Единый всероссийский научный вестник. № 1. 2015. С. 98–105.
4. Мазуркин П.М. Статистический вейвлет-анализ // Землеустройство и кадастры: исторический опыт, научно-образоват. технологии, инновационные практики: сб. научн. тр. Всероссийского научно-метод. семинара. Саратов: Кузница рекламы, 2016. С. 348–358.

References

1. Statistical Review of World Energy 2015. URL: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.

2. Mazurkin P.M. Zakonomernosti vlijanija kursa dollara v Rossii na mirovujuu cenu nefti Brent // Krymskij nauchnyj vesnnik. 2015. №5. URL: <http://krvestnik.ru/pub/2015/12/Mazurkin.pdf> (*in Russian*)

3. Mazurkin P.M. Metod identifikacii zakonomernostej // Edinyj vserossijskij nauchnyj vestnik. № 1. 2015. p. 98-105. (*in Russian*)

4. Mazurkin P.M. Statisticheskij vejjvlet-analiz // Zemleustrojstvo i kadastry: istoricheskij opyt, nauchno-obrazovat. tehnologii, innovacionnye praktiki: sb. nauchn. tr. Vserossijskogo nauchno-metod. seminaru. Saratov: Kuznica reklamy, 2016. p. 348-358. (*in Russian*)