

# R001: Что случилось с курсом доллара?

Vladislav Borkus

## Аномалия

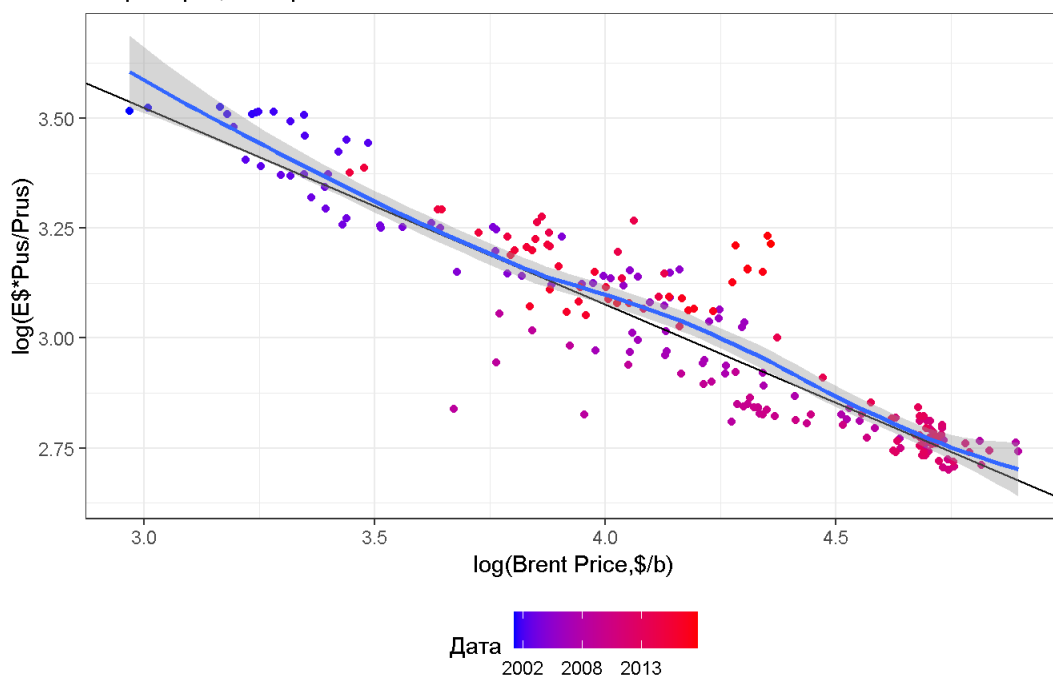
Не секрет, что примерно уже 15 лет курс рубля относительно доллара движется в достаточно узкой полосе вокруг траектории, определяемой ценой нефти марки Brent и отношением инфляции в России и США. Связь между курсом, скорректированным на разность инфляций (реальным курсом), и нефтью, практически степенная. Причина этого в целом понятна - большая часть валютных поступлений в страну происходит от продажи нефти и сырьевой продукции, цена которой хорошо с нефтью коррелирована. Несмотря на различия в проводившейся монетарной политике, курс отклонялся от "нефтяной формулы" заметно больше чем на 10% только в периоды международных финансовых кризисов.

Между тем в середине этого года произошло необычное явление - курс значительно превысил расчетное значение при довольно спокойной обстановке в мировой экономике.

Также в 2017м курс вел себя необычно по сравнению с 2015-2016 гг. - он почти не зависел от цены нефти. До этого курс плавал вполне свободно, и следовал за ценой нефтью точно, но с января 2017го по март 2018г. зависимость от нефти почти исчезла, что хорошо видно на дневных данных.

```
##
## Call:
## lm(formula = log(RUBUSD * CPIAUCNS/RUSCPIALLMINMEI/cpi0) ~ log(DCOILBRENTU),
##     data = dt["2003-02-28/2017-01-01"])
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.38432 -0.04163 -0.00083  0.05223  0.21787
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)    4.86104    0.05777   84.14  <2e-16 ***
## log(DCOILBRENTU) -0.44614    0.01366  -32.66  <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.07722 on 165 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.866, Adjusted R-squared:  0.8652
## F-statistic: 1066 on 1 and 165 DF, p-value: < 2.2e-16
```

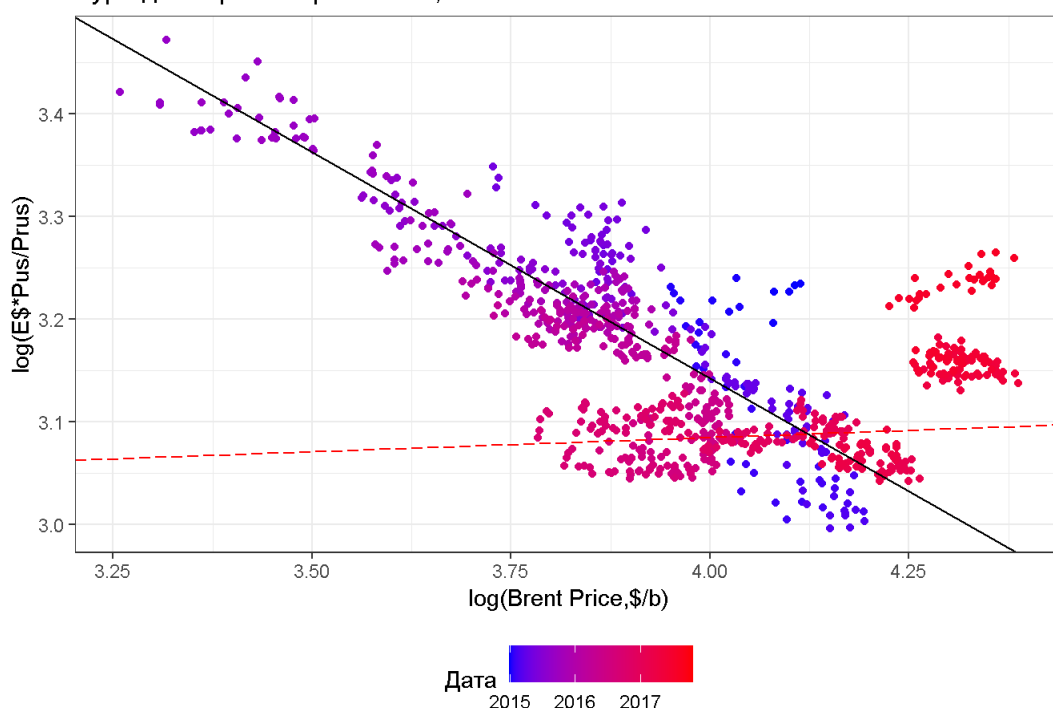
Курс доллара (помесячно, 2002-2018 гг.), скорректированный на разницу инфляций, vs. цена Brent



```
##
## Call:
## lm(formula = log(RUBUSD * CPIAUCNS/RUSCPIALLMINMEI/cpi0) ~ log(DCOILBRENTU),
##     data = ddatD["2017-01-31/2018-01-01"])
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.039023 -0.013449 -0.000246  0.014962  0.043570
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      2.97385    0.05166   57.56  <2e-16 ***
## log(DCOILBRENTU)  0.02772    0.01296    2.14   0.0334 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.01969 on 226 degrees of freedom
## (108 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.01986, Adjusted R-squared:  0.01552
## F-statistic: 4.579 on 1 and 226 DF, p-value: 0.03343
```

```
##
## Call:
## lm(formula = log(RUBUSD * CPIAUCNS/RUSCPIALLMINMEI/cpi0) ~ log(DCOILBRENTU),
##     data = ddatD["2015-04-01/2016-12-31"])
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.095352 -0.022948 -0.001984  0.018463  0.122222
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      4.90288    0.03710  132.17  <2e-16 ***
## log(DCOILBRENTU) -0.44012    0.00965  -45.61  <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.03691 on 427 degrees of freedom
## (212 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.8297, Adjusted R-squared:  0.8293
## F-statistic: 2080 on 1 and 427 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Курс доллара vs. цена Brent, 2017-2018 гг.



	Dependent variable:		
	log(RUBUSD*Pus/Prus)		
	OLS 2003-2016 (1)	OLS 2015-2016 (2)	OLS 2017 (3)
Наклон	-0.446*** (0.014)	-0.440*** (0.010)	0.028** (0.013)
Constant	4.861*** (0.058)	4.903*** (0.037)	2.974*** (0.052)
Observations	167	429	228
R <sup>2</sup>	0.866	0.830	0.020
Adjusted R <sup>2</sup>	0.865	0.829	0.016
Residual Std. Error	0.077 (df = 165)	0.037 (df = 427)	0.020 (df = 226)
F Statistic	1,066.417*** (df = 1; 165)	2,079.898*** (df = 1; 427)	4.579** (df = 1; 226)

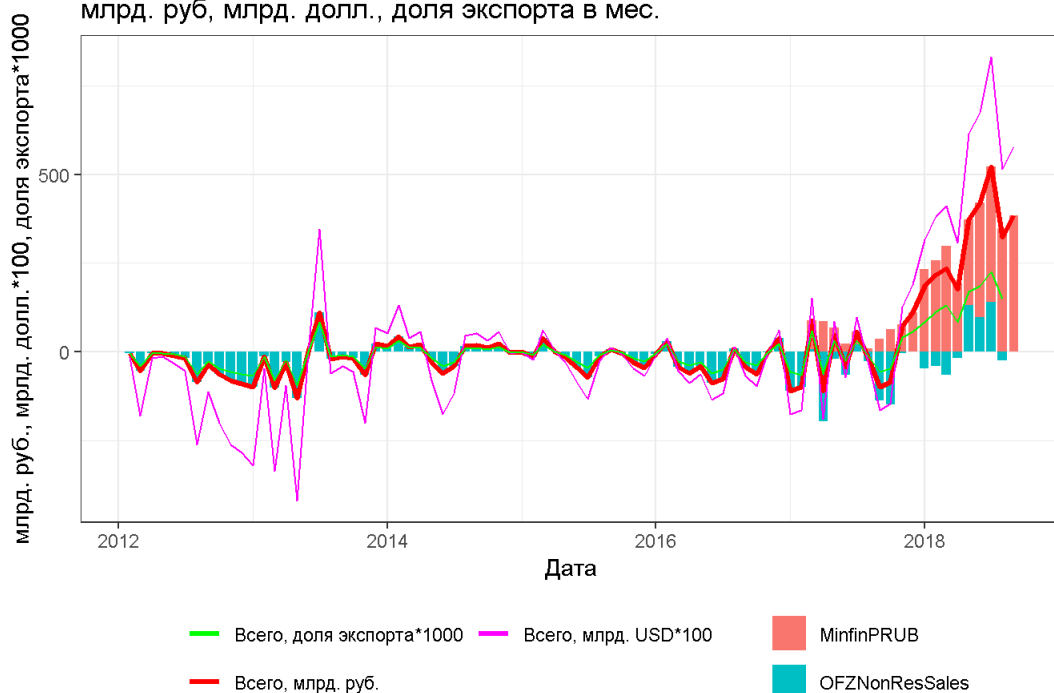
Note:  $p < 0.1$ ;  $p < 0.05$ ;  $p < 0.01$

Эксперты связывали изменения в валютной формуле с такими факторами как “санкции”, общая девальвация валют развивающихся стран, выход нерезидентов из ОФЗ и массовые покупки российским Минфином валюты на бирже. Сразу стоит отметить, что первые два и вторые два фактора - разные. Воздействие “санкций” и “общая девальвация” должны передаваться на валютный рынок через какие-то механизмы, и в модели спроса и предложения - очевидно через изменение спроса или предложения. Частью этого механизма как раз были продажи ОФЗ и выход в валюту. По этой причине и потому, что влияние операций с активами просчитать проще, так как нужные данные имеются в открытом доступе, я буду рассматривать влияние этих двух факторов.

## Валютные операции

Попытаемся теперь посмотреть какие были валютные операции Минфина и нерезидентов. В качестве упрощения я буду полагать, что для того, чтобы купить ОФЗ нерезиденты продают валюту на бирже, а когда они от ОФЗ извлекаются, то валюту из страны выводят, для чего приобретают ее на бирже. Минфин же просто покупает валюту, но не продает ее. В итоге их действия либо компенсируют, либо усиливают друг друга. Объемы операций довольно значительны - в 2018м они превысили в сумме 400 миллиардов рублей, 7 миллиардов долларов, более 20% экспорта. Ниже приведена диаграмма, иллюстрирующая процесс.

Закупки/Продажи валюты Минфином и ОФЗ нерезидентами, млрд. руб, млрд. долл., доля экспорта в мес.



На приведенной картинке можно отметить несколько особенностей. 1) В 2017 м операции нерезидентов с ОФЗ были значительными в сравнении действиями Минфина и укрепляли рубль. Относительно действий Минфина они были в противофазе, т.е. компенсировали закупки валюты Минфином. Между тем эти операции в сумме достигали лишь нескольких процентов экспорта. 2) Весной-летом 2018 г. оба актора действовали в одном направлении, снижая курс рубля. Но даже в максимуме продажи ОФЗ нерезидентами, начавшиеся после дела Скрипаля, давали лишь 30% объемов. Однако, в середине 2018 г. эти операции в совокупности составляли очень большую долю экспорта - до 20-25%.

## Модель

Можно предположить, что в непаническом режиме работы валютного рынка объем предложения на рынке напрямую зависит от

экспортной выручки. Если мы считаем, что указанные операции определяли необычное поведение курса в 2017-2018 гг., то естественно также предположить, что сдвиг точки равновесия относительно ее “нефтяного положения” можно описать в линейном приближении отношением сумм операций с валютой к экспорту. (Точнее мы описываем этот сдвиг как  $\log(1+aQ/EX) \sim aQ/EX$ )

Можно построить диаграмму, в которой по оси ординат отложено смещение курса относительно “нефтяного равновесия”, а по оси абсцисс - относительный объем рассматриваемых операций. Также можно провести регрессионный анализ, чтобы оценить степень рассматриваемых эффектов.

*Методическое замечание* С точки зрения статистики такая регрессия проводится по двум ограниченным сверху рядам (значения, близкие даже хотя бы к 0.5 маловероятны с точки зрения экономики), которые потому не могут быть рядом случайных блужданий, что упрощает задачу так как позволяет не исследовать коинтеграцию этих рядов и оправдывает использование обычной регрессии.

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX),
##     data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.116595 -0.031414  0.006261  0.033854  0.086017
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      0.009852   0.015281   0.645   0.528
## I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX) 0.854454   0.146887   5.817 2.06e-05 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.05536 on 17 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.6656, Adjusted R-squared:  0.6459
## F-statistic: 33.84 on 1 and 17 DF,  p-value: 2.061e-05
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX),
##     data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.10849 -0.02232  0.01087  0.04655  0.09929
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX)  0.9071      0.1201   7.554 5.49e-07 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.05445 on 18 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.7602, Adjusted R-squared:  0.7469
## F-statistic: 57.06 on 1 and 18 DF,  p-value: 5.494e-07
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX) +
##     I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX^2), data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.09054 -0.02951  0.00725  0.02787  0.08375
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   -0.002743   0.013734  -0.200   0.8442
## I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX)  0.314379   0.231646   1.357   0.1936
## I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX^2)  4.050673   1.464905   2.765   0.0138 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04694 on 16 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.7737, Adjusted R-squared:  0.7455
## F-statistic: 27.36 on 2 and 16 DF, p-value: 6.87e-06
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Model 1: I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX)
## Model 2: I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX) + I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX^2)
##   Res.Df    RSS Df Sum of Sq   F Pr(>F)
## 1      17 0.052100
## 2      16 0.035253  1  0.016847 7.646 0.0138 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX^2),
##     data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.084589 -0.036047  0.001876  0.024868  0.092657
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX^2)  5.6309   0.6155   9.148 3.45e-08 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04678 on 18 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.823, Adjusted R-squared:  0.8132
## F-statistic: 83.69 on 1 and 18 DF, p-value: 3.45e-08
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Model 1: I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX) + I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX^2)
## Model 2: I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX^2)
##   Res.Df    RSS Df Sum of Sq   F Pr(>F)
## 1      16 0.035253
## 2      18 0.039396 -2 -0.0041433 0.9402 0.4111
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Model 1: I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX)
## Model 2: I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX^2)
##   Res.Df    RSS Df Sum of Sq F Pr(>F)
## 1      17 0.052100
## 2      18 0.039396 -1  0.012703
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX),
##     data = dgg["/2018-04-01"])
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.094502 -0.014828  0.009899  0.039769  0.071884
##
## Coefficients:
##                                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I(MinFin_and_NonrezOFZ_OP_EX)  0.4856     0.1773   2.739   0.016 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04655 on 14 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.3489, Adjusted R-squared:  0.3023
## F-statistic: 7.501 on 1 and 14 DF, p-value: 0.01599
```

### Отклонение курса доллара от нефтяной модели vs Закупки/Продажи валюты Минфином и ОФЗ нерезидентами

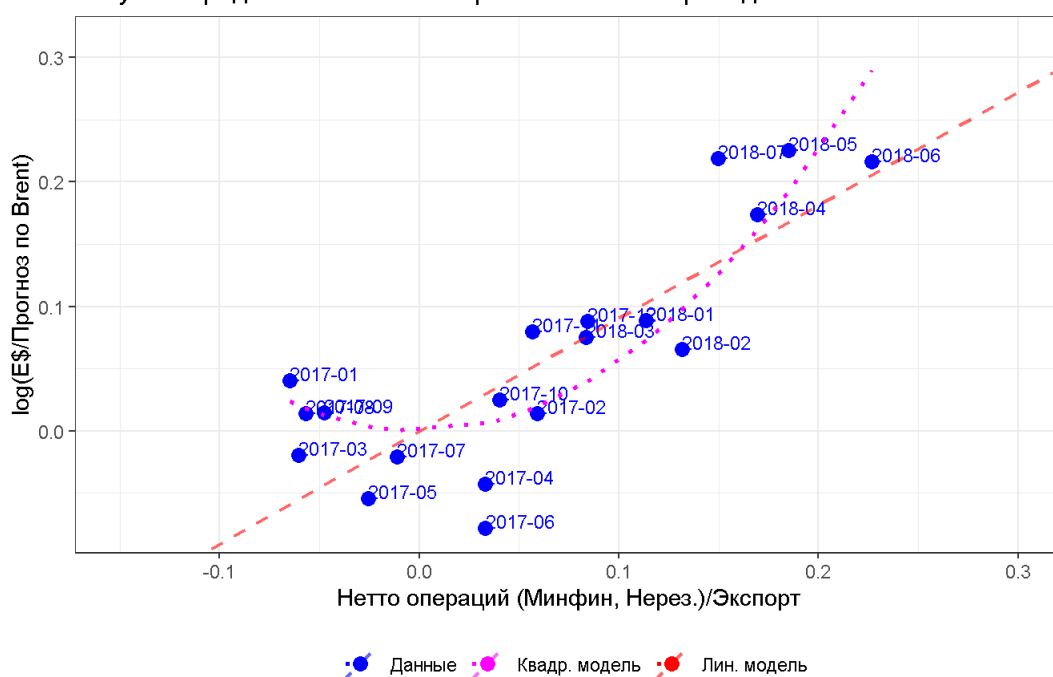


Диаграмма и регрессии показывают, что зависимость заметная. Регрессией можно объяснить до 80% изменений зависимой переменной, а F-тест показывает почти нулевую вероятность такого случайного распределения данных. Однако, эта зависимость возникает только благодаря данным середины 2018 года, в 2017м связь курса с валютными рассматриваемыми операциями почти не прослеживается ни с точки значимости коэффициентов по t-статистике, ни с точки F-теста.

С точки зрения объяснения данных квадратичная модель получается несколько лучше, чем линейная. Даже зависимость вида  $x^2$  (т.е. без константы и линейного члена) дает более точную аппроксимацию данных как с точки R2, так и с точки F-теста.

Можно также попробовать ослабить предположение о том, что выходя из ОФЗ нерезиденты покупают валюту, сделав долю, направляемую на эту цель свободным параметром модели. Таким образом получится более общая модель вопрос лишь в том, достаточно ли данных, чтобы различить ее с менее общей при помощи регрессии.

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(Minfin_OP_EX) + I(OFZNonResSales_OP_EX),
##     data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.092766 -0.032022 -0.002707  0.037565  0.088963
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   -0.02008    0.02523   -0.796  0.437742
## I(Minfin_OP_EX)  1.15905    0.25196   4.600  0.000296 ***
## I(OFZNonResSales_OP_EX) 0.43940    0.31711   1.386  0.184862
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.05359 on 16 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.7051, Adjusted R-squared:  0.6683
## F-statistic: 19.13 on 2 and 16 DF, p-value: 5.716e-05
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: I(log(RUBUSD_FC_ratio))
##              Df    Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## I(Minfin_OP_EX)      1  0.104348  0.104348  36.3400 1.756e-05 ***
## I(OFZNonResSales_OP_EX) 1  0.005513  0.005513   1.9201  0.1849
## Residuals           16  0.045943  0.002871
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(Minfin_OP_EX) +
##     I(OFZNonResSales_OP_EX), data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.106225 -0.036936 -0.003755  0.029203  0.078366
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I(Minfin_OP_EX)    0.9880    0.1302   7.591  7.4e-07 ***
## I(OFZNonResSales_OP_EX) 0.5853    0.2560   2.287  0.0353 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.053 on 17 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.7854, Adjusted R-squared:  0.7602
## F-statistic: 31.11 on 2 and 17 DF, p-value: 2.083e-06
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: I(log(RUBUSD_FC_ratio))
##              Df    Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## I(Minfin_OP_EX)      1  0.160123  0.16012  56.9932 7.964e-07 ***
## I(OFZNonResSales_OP_EX) 1  0.014690  0.01469   5.2286  0.03532 *
## Residuals           17  0.047762  0.00281
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Model 1: I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(Minfin_OP_EX) + I(OFZNonResSales_OP_EX)
## Model 2: I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(Minfin_OP_EX) + I(OFZNonResSales_OP_EX)
##   Res.Df    RSS Df Sum of Sq    F Pr(>F)
## 1      16 0.045943
## 2      17 0.047762 -1 -0.0018189 0.6334 0.4377
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(Minfin_OP_EX) +
##   I(OFZNonResSales_OP_EX), data = dgg["/2018-01-01"])
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.089878 -0.036288 -0.003682  0.019762  0.052548
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I(Minfin_OP_EX)      0.4810     0.3388   1.420   0.186
## I(OFZNonResSales_OP_EX) 0.1172     0.3059   0.383   0.710
##
## Residual standard error: 0.04866 on 10 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.1735, Adjusted R-squared:  0.008219
## F-statistic:  1.05 on 2 and 10 DF,  p-value: 0.3856
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: I(log(RUBUSD_FC_ratio))
##              Df    Sum Sq  Mean Sq F value Pr(>F)
## I(Minfin_OP_EX)      1 0.0046244 0.0046244   1.9527 0.1925
## I(OFZNonResSales_OP_EX) 1 0.0003474 0.0003474   0.1467 0.7097
## Residuals          10 0.0236818 0.0023682
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(Minfin_OP_EX + 0.6 *
##   OFZNonResSales_OP_EX), data = dgg["/2018-01-01"])
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.090629 -0.026630 -0.001581  0.030959  0.057202
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value
## I(Minfin_OP_EX + 0.6 * OFZNonResSales_OP_EX)  0.4330     0.3201   1.353
##              Pr(>|t|)
## I(Minfin_OP_EX + 0.6 * OFZNonResSales_OP_EX)  0.203
##
## Residual standard error: 0.04726 on 11 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.1426, Adjusted R-squared:  0.06469
## F-statistic:  1.83 on 1 and 11 DF,  p-value: 0.2033
```

#### Сводная таблица моделей

	Dependent variable:			
	RUBUSD/RUBUSD(Brent)			Только 2017
	(1)	(2)	(3)	(4)
(MF+OFZ)/EX	0.854*** (0.147)			
MF/EX		0.988*** (0.130)		0.481 (0.339)
OFZ/EX		0.585** (0.256)		0.117 (0.306)
((MF+OFZ)/EX) <sup>2</sup>			5.631*** (0.616)	
Constant	0.010			



(0.015)

Observations	19	19	19	12
R <sup>2</sup>	0.666	0.785	0.823	0.174
Residual Std. Error	0.055 (df = 17)	0.053 (df = 17)	0.047 (df = 18)	0.049 (df = 10)
F Statistic	33.838*** (df = 1; 17)	31.111*** (df = 2; 17)	83.693*** (df = 1; 18)	1.050 (df = 2; 10)

Note:  $p < 0.1$ ;  $p < 0.05$ ;  $p < 0.01$

```
##
## Call:
## lm(formula = log(RUBUSD_FC_ratio) ~ OpWeighted_EX, data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.099290 -0.032917 -0.000651  0.033908  0.089248
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  -0.008602   0.016201  -0.531   0.602
## OpWeighted_EX  1.047203   0.166885   6.275 8.38e-06 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.05257 on 17 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.6985, Adjusted R-squared:  0.6807
## F-statistic: 39.38 on 1 and 17 DF, p-value: 8.383e-06
```

```
##
## Call:
## lm(formula = log(RUBUSD_FC_ratio) ~ OpWeighted_EX + I(OpWeighted_EX^2),
##     data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.08130 -0.02929  0.01473  0.03043  0.06036
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  -0.007007   0.014340  -0.489   0.6317
## OpWeighted_EX  0.191024   0.386413   0.494   0.6278
## I(OpWeighted_EX^2)  5.719551   2.385764   2.397   0.0291 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04648 on 16 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.7781, Adjusted R-squared:  0.7504
## F-statistic: 28.06 on 2 and 16 DF, p-value: 5.869e-06
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Model 1: log(RUBUSD_FC_ratio) ~ OpWeighted_EX
## Model 2: log(RUBUSD_FC_ratio) ~ OpWeighted_EX + I(OpWeighted_EX^2)
##   Res.Df    RSS Df Sum of Sq    F Pr(>F)
## 1      17 0.046983
## 2      16 0.034566  1  0.012417 5.7474 0.02907 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

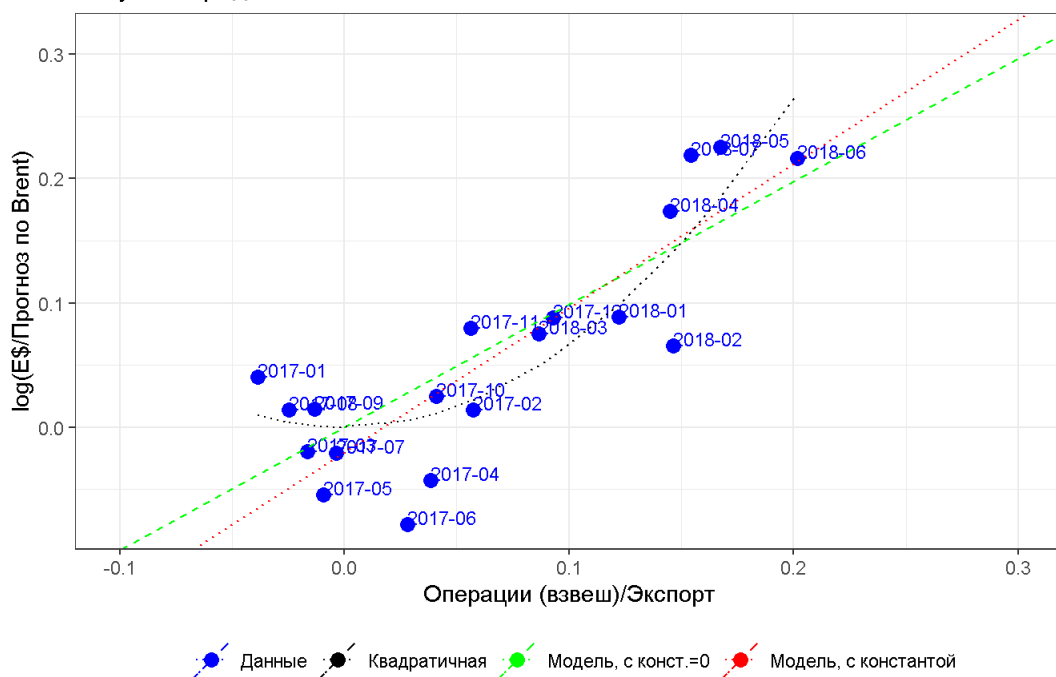
```
##
## Call:
## lm(formula = log(RUBUSD_FC_ratio) ~ 0 + I(OpWeighted_EX^2), data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.08363 -0.03677  0.01023  0.03077  0.06175
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I(OpWeighted_EX^2)   6.6052     0.6767   9.761 1.3e-08 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04433 on 18 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.8411, Adjusted R-squared:  0.8323
## F-statistic: 95.27 on 1 and 18 DF, p-value: 1.295e-08
```

```
##
## Call:
## lm(formula = log(RUBUSD_FC_ratio - coef(lm_usd_op_sep)[1] * OpWeighted_EX) ~
##      0 + I(OpWeighted_EX^2), data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.10984 -0.04444 -0.00938  0.02525  0.07456
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I(OpWeighted_EX^2)   1.1139     0.8241   1.352  0.193
##
## Residual standard error: 0.05398 on 18 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.09215, Adjusted R-squared:  0.04171
## F-statistic: 1.827 on 1 and 18 DF, p-value: 0.1932
```

## Поиск нелинейности

	<i>Dependent variable:</i>		
	RUBUSD/RUBUSD(Brent)		Resid. Model 1
	(1)	(2)	(3)
OpWeighted	1.047*** (0.167)	0.191 (0.386)	
OpWeighted2		5.720** (2.386)	6.605*** (0.677)
Constant	-0.009 (0.016)	-0.007 (0.014)	1.114 (0.824)
Observations	19	19	19
R <sup>2</sup>	0.698	0.778	0.841
Adjusted R <sup>2</sup>	0.681	0.750	0.832
Residual Std. Error	0.053 (df = 17)	0.046 (df = 16)	0.044 (df = 18)
F Statistic	39.375*** (df = 1; 17)	28.059*** (df = 2; 16)	95.268*** (df = 1; 18)
Note:	$p < 0.1$ ; <b><math>p &lt; 0.05</math></b> ; $p < 0.01$		

## Отклонение курса доллара от нефтяной модели vs Закупки/Продажи валюты



Регрессия показывает, что вклад операций Минфина в текущий уровень курса был подавляющим. Константа в регрессии оказывается незначимой, как следует из декомпозиции методом апоста, совсем не нужна для объяснения данных.

Сложнее дело обстоит со вкладом операций нерезидентов, который оказывается погранично статистически значим только в модели с нулевой константой. В ней коэффициент при вкладе нерезидентов составляет ~0.6, что можно интерпретировать как то, что нерезиденты тратят на валюту порядка 60% выручки от продажи ОФЗ. Однако погрешность определения этого параметра высока, и в принципе данные согласуются с вероятностью порядка 20% с единицей и даже, с вероятностью 4%, с нулем. В вариацию курса закупки валюты Минфином внесли примерно в 10 раз больший вклад, чем операции нерезидентов.

Регрессия по данным только 2017 г. не позволяет обнаружить статистически значимого влияния этих операций на курс (t-статистика всего 1.5) – это значит в тот период на него сильнее влияли другие факторы.

Что касается нелинейности, то для объяснения данных достаточно модели, в которой отклонение курса пропорционально квадрату объясняющей переменной (линейные члены и константа в такой модели не требуются). В качестве объясняющей переменной можно использовать взвешенную сумму операций Минфина и нерезидентов, с весами, 1 для операций Минфина и 0.6 для операций резидентов. Точность описания данных сопоставима с просто линейной моделью.

**Методическое замечание** Проверка при помощи вспомогательной регрессии GNR не дает оснований считать остатки коррелированными. Остатки распределены почти нормально, но есть ряд точек, которые оказывают на регрессию заметно большее влияние, чем другие – в частности точки лета 2018 г., что достаточно очевидно. Регрессия по первым разностям не позволяет найти каких-либо зависимостей на фоне шума.

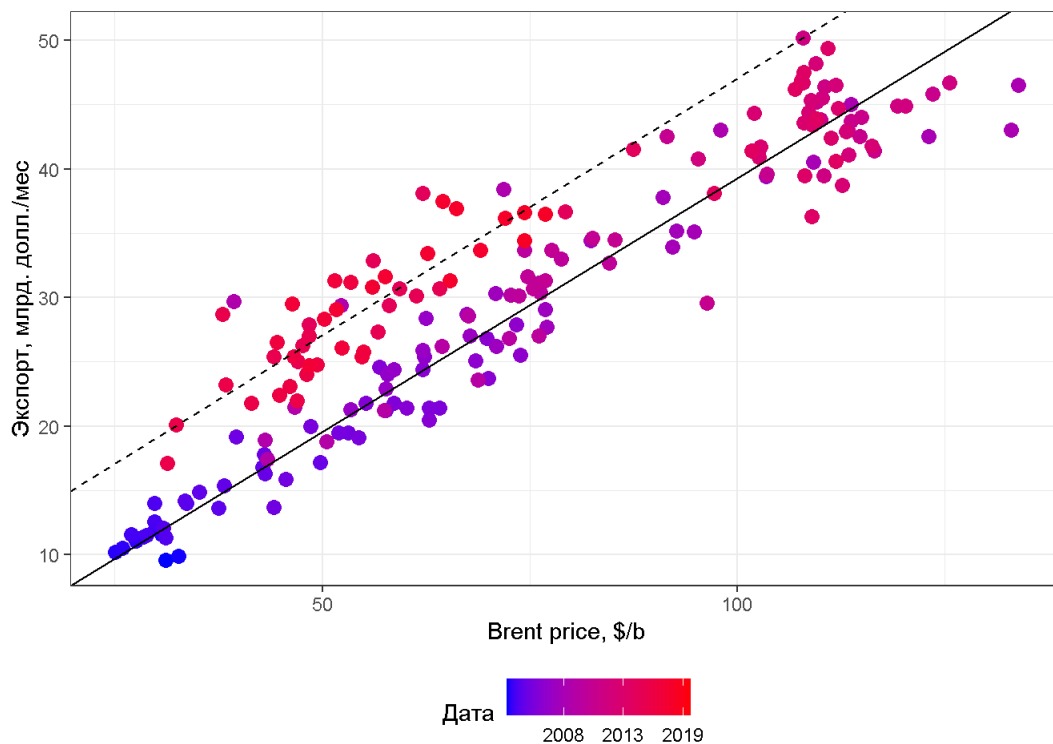
## Экстраполяция данных

К сожалению данные по экспорту в рядах ВШЭ пока есть только до июля, но август и сентябрь можно дополнить аппроксимацией, вспомнив, что в первом приближении экспорт РФ линейно зависит от цены нефти. (Здесь стоит отметить, что начиная с 2015 г. экспорт РФ при той же цене нефти чуть выше, чем до 2015 г., примерно на 7 млрд. долл. в мес. Не разбирая структурных причин этого, а просто используя более позднюю зависимость.)

```
##
## Call:
## lm(formula = EX_T_M ~ DCOILBRENTU, data = dt1)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -9.3010 -1.4689 -0.0946  1.0421 14.3346
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  -0.142247   0.311061  -0.457    0.648
## DCOILBRENTU   0.394494   0.004856  81.239 <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 2.796 on 250 degrees of freedom
## (24 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.9635, Adjusted R-squared:  0.9634
## F-statistic: 6600 on 1 and 250 DF, p-value: < 2.2e-16
```

```
##
## Call:
## lm(formula = EX_T_M ~ 0 + DCOILBRENTU, data = dt1)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -9.1999 -1.5301 -0.1852  1.0005 14.2643
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## DCOILBRENTU  0.392663   0.002745  143.1 <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 2.791 on 251 degrees of freedom
## (24 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.9879, Adjusted R-squared:  0.9878
## F-statistic: 2.046e+04 on 1 and 251 DF, p-value: < 2.2e-16
```

```
##
## Call:
## lm(formula = EX_T_M ~ DCOILBRENTU, data = dt2)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -3.843 -1.910 -0.147  1.345  6.425
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   7.08540   1.93661   3.659 0.000732 ***
## DCOILBRENTU   0.39968   0.03584  11.152 7.6e-14 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 2.415 on 40 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.7566, Adjusted R-squared:  0.7506
## F-statistic: 124.4 on 1 and 40 DF, p-value: 7.595e-14
```



### Модели экспорт-цена нефти

	Dependent variable:	
	Export, B.USD.	
	Dataset 2003-2014	Dataset 2015-2018
	(1)	(2)
Brent price, USD	0.394 <sup>***</sup> (0.005)	0.400 <sup>***</sup> (0.036)
Constant	-0.142 (0.311)	7.085 <sup>***</sup> (1.937)
Observations	252	42
R <sup>2</sup>	0.964	0.757
Adjusted R <sup>2</sup>	0.963	0.751
Residual Std. Error	2.796 (df = 250)	2.415 (df = 40)
F Statistic	6,599.802 <sup>***</sup> (df = 1; 250)	124.364 <sup>***</sup> (df = 1; 40)
Note: $p < 0.1$ ; $p < 0.05$ ; $p < 0.01$		

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(Minfin_OP_EX_est) +
##     I(OFZNonResSales_OP_EX_est), data = dgg["/2018-08-01"])
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.090423 -0.026899 -0.004003  0.035346  0.087954
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)    -0.02293    0.02542   -0.902  0.380439
## I(Minfin_OP_EX_est)    1.19734    0.25637    4.670  0.000256 ***
## I(OFZNonResSales_OP_EX_est)  0.43336    0.30062    1.442  0.168716
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.05357 on 16 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.7053, Adjusted R-squared:  0.6685
## F-statistic: 19.15 on 2 and 16 DF, p-value: 5.69e-05
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(Minfin_OP_EX_est) +
##     I(OFZNonResSales_OP_EX_est), data = dgg["/2018-08-01"])
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.11074 -0.03314 -0.01724  0.02795  0.07455
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I(Minfin_OP_EX_est)      0.9996     0.1322   7.562 7.79e-07 ***
## I(OFZNonResSales_OP_EX_est) 0.5855     0.2475   2.366  0.0301 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.05328 on 17 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.7832, Adjusted R-squared:  0.7577
## F-statistic: 30.71 on 2 and 17 DF, p-value: 2.271e-06
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: I(log(RUBUSD_FC_ratio))
##              Df    Sum Sq  Mean Sq F value    Pr(>F)
## I(Minfin_OP_EX_est)      1 0.158437 0.158437  55.8214 9.14e-07 ***
## I(OFZNonResSales_OP_EX_est) 1 0.015886 0.015886   5.5972 0.03013 *
## Residuals              17 0.048251 0.002838
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(Minfin_OP_EX_est) +
##     I(OFZNonResSales_OP_EX_est) + I(Minfin_OP_EX_est^2) + I(OFZNonResSales_OP_EX_est^2) +
##     I(Minfin_OP_EX_est * OFZNonResSales_OP_EX_est), data = dgg["/2018-08-01"])
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.059481 -0.023123 -0.002023  0.027249  0.079346
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value
## (Intercept)      -0.08512     0.03861  -2.205
## I(Minfin_OP_EX_est)  2.38132     1.08080   2.203
## I(OFZNonResSales_OP_EX_est) -1.74980     0.94071  -1.860
## I(Minfin_OP_EX_est^2) -5.05141     5.83614  -0.866
## I(OFZNonResSales_OP_EX_est^2) -7.36719     5.83504  -1.263
## I(Minfin_OP_EX_est * OFZNonResSales_OP_EX_est) 23.48976     8.32964   2.820
##              Pr(>|t|)
## (Intercept)      0.0461 *
## I(Minfin_OP_EX_est) 0.0462 *
## I(OFZNonResSales_OP_EX_est) 0.0856 .
## I(Minfin_OP_EX_est^2)  0.4024
## I(OFZNonResSales_OP_EX_est^2) 0.2289
## I(Minfin_OP_EX_est * OFZNonResSales_OP_EX_est) 0.0145 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04373 on 13 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.8405, Adjusted R-squared:  0.7791
## F-statistic: 13.7 on 5 and 13 DF, p-value: 8.544e-05
```

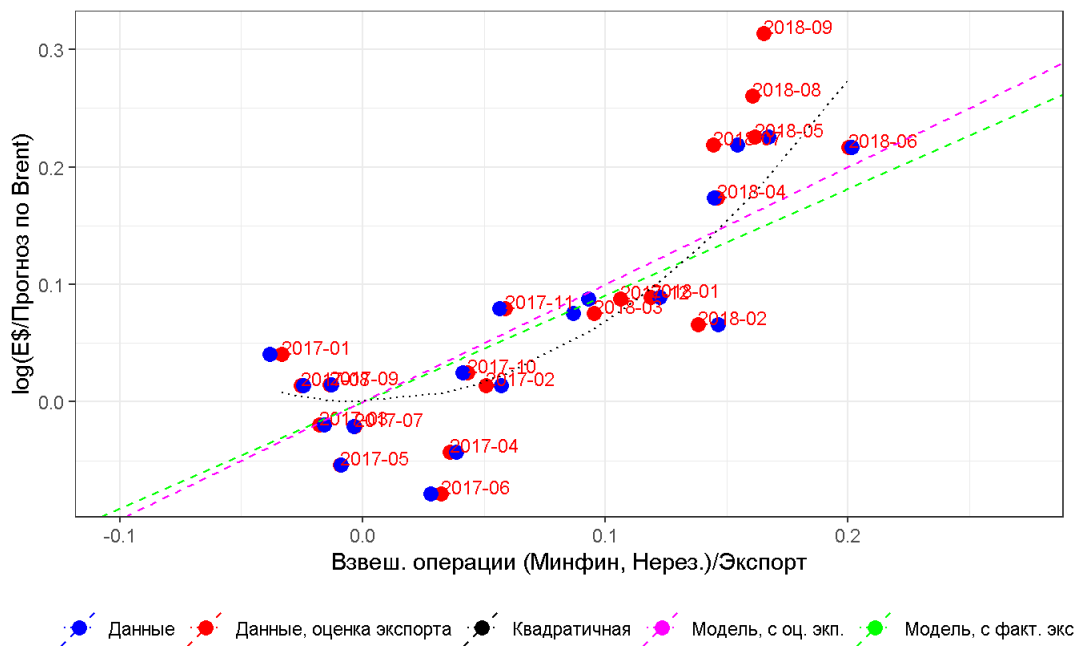
```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I(Minfin_OP_EX_est^2) +
##      I(OFZNonResSales_OP_EX_est^2) + I(Minfin_OP_EX_est * OFZNonResSales_OP_EX_est),
##      data = dgg["/2018-08-01"])
##
## Residuals:
##      Min        1Q      Median        3Q        Max
## -0.08561 -0.03581  0.01248  0.02331  0.07685
##
## Coefficients:
##                                     Estimate Std. Error t value
## I(Minfin_OP_EX_est^2)                6.8573      0.9159   7.487
## I(OFZNonResSales_OP_EX_est^2)        1.7158      2.6326   0.652
## I(Minfin_OP_EX_est * OFZNonResSales_OP_EX_est)  8.5312      2.9566   2.885
##                                     Pr(>|t|)
## I(Minfin_OP_EX_est^2)                1.3e-06 ***
## I(OFZNonResSales_OP_EX_est^2)         0.5238
## I(Minfin_OP_EX_est * OFZNonResSales_OP_EX_est)  0.0108 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04676 on 16 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.8428, Adjusted R-squared:  0.8133
## F-statistic: 28.59 on 3 and 16 DF,  p-value: 1.154e-06
```

```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ 0 + I((OpWeighted_Est/RUBUSD/Ex_Est)^2),
##      data = dgg["/2018-08-01"])
##
## Residuals:
##      Min        1Q      Median        3Q        Max
## -0.085581 -0.036671  0.009843  0.020456  0.075847
##
## Coefficients:
##                                     Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I((OpWeighted_Est/RUBUSD/Ex_Est)^2)  6.865      0.702   9.779 1.26e-08 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04426 on 18 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.8416, Adjusted R-squared:  0.8328
## F-statistic: 95.64 on 1 and 18 DF,  p-value: 1.257e-08
```

## Модели курса на основе оценки экспорта по цене нефти

	Dependent variable:			
	RUBUSD/RUBUSD(Brent)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
MF/EX(est)	1.000*** (0.132)	2.381** (1.081)		
OFZ/EX(est)	0.585** (0.247)	-1.750* (0.941)		
(MF/EX(est)) <sup>2</sup>		-5.051 (5.836)	6.857*** (0.916)	
(MF/EX(est))*OFZ/EX(est)		-7.367 (5.835)	1.716 (2.633)	
(OFZ/EX(est)) <sup>2</sup>		23.490** (8.330)	8.531** (2.957)	
OpWeighted/Ex(est)				6.865*** (0.702)
Constant		-0.085** (0.039)		
Observations	19	19	19	19
R <sup>2</sup>	0.783	0.840	0.843	0.842
Adjusted R <sup>2</sup>	0.758	0.779	0.813	0.833
Residual Std. Error	0.053 (df = 17)	0.044 (df = 13)	0.047 (df = 16)	0.044 (df = 18)

Отклонение курса доллара от нефтяной модели vs  
Закупки/Продажи валюты Минфином и ОФЗ нерезидентами  
С оценкой экспорта по цене нефти



В целом результаты на основе экстраполированной и фактической модели получаются сопоставимыми.

Регрессия по построенному таким образом набору данных дает достаточно близкие оценки к тому, что получены только по данным, заканчивающихся июлем. (Заметим также, что данные по закупкам Минфина на сентябрь тоже плановые, а не фактические).

В августе-сентябре курс оказывается гораздо выше, чем можно было бы ожидать от наивной регрессии, но вполне укладываются в картину нарастающей паники. Скорее всего имел место и повышенный спрос на валюту (например в связи и с изъятием валютных вкладов из банков, подпадающих под американские санкции), и снижение предложения (за счет того, что, например, "Роснефть" как сообщали некоторые эксперты не возвращала валютную выручку).

## Выводы и ожидания

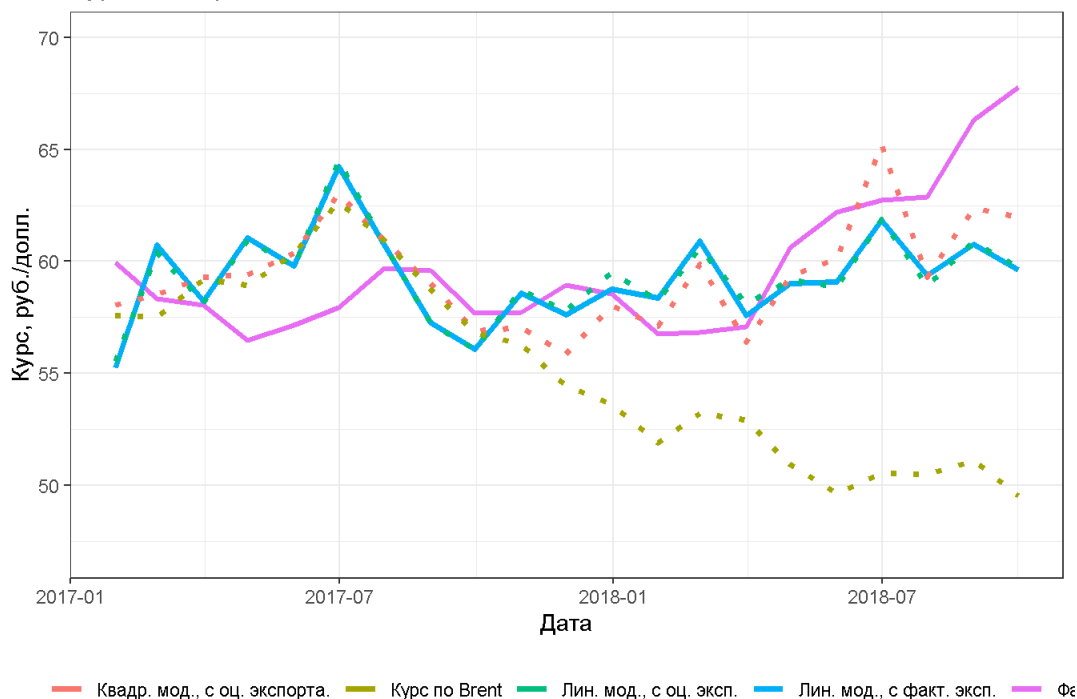
В целом модель не объясняет поведения курса в первой половине 2017м, но объясняет около 70-75% отклонений от "нефтяного уровня" в 2018м.

Августовский курс, вероятно, можно декомпозировать так: в июне примерно +0.2 (от "нефтяного уровня", около 10 руб.) дали покупки валюты Минфином, бегство нерезидентов - около нуля (в июне - 0.04). Еще 0.05-0.07 (+5 руб.) дала нарастающая паника в более позднее время, обычные стохастические и авторегрессионные эффекты, и прочее неучтенное. Если интерпретировать "неучтенное" как дополнительное изменение спроса на валюту, то оно соответствует нетто повышению спроса (или снижению предложения) на ~ 2.7-3 миллиарда долларов ( $= 0.07 \cdot \text{экспорт} / \text{коэффициент\_модели}$ ).

Если бы отклонение курса определялось только действиями Минфина, то курс, вероятно, был бы в конце августа 60-62 руб., но другие факторы подняли его существенно выше.



## Курс доллара и его ожидание по модели



```
## [1] "start= 0.160446661276259 \nchange relative= -0.160381841088378 \nchange abs= -8.19542733752084 \n\nfinal= 58.1113726624792"
```

Это означает, что если бы Минфин прекратил закупки валюты в нынешнем объеме, то курс бы существенно снизился. Потенциал его снижения только при прекращении действия рассматриваемых в модели факторов - примерно 9 рублей, т.е. с учетом инфляционной коррекции (~2%, +1 руб) до уровня ~60 руб/\$. Инерционность движения курса велика, как правило на такие сдвиги требуется пара месяцев.

Возможные факторы, которые не дадут курсу снизиться:

- Минфин продолжит закупки валюты в текущих объемах.
- Нерезиденты, переставшие выходить из рубля в августе, могут снова начать выход из рубля.
- Фактор монетизации политического риска, давший примерно 0.1 отклонения от "нефтяного уровня" (5 руб) может оказаться выше текущих ожиданий. Внешнеполитических рисков для экономики руководство страны создает предостаточно и постоянно расширяет их перечень.

Возможные факторы дополнительного давления вниз:

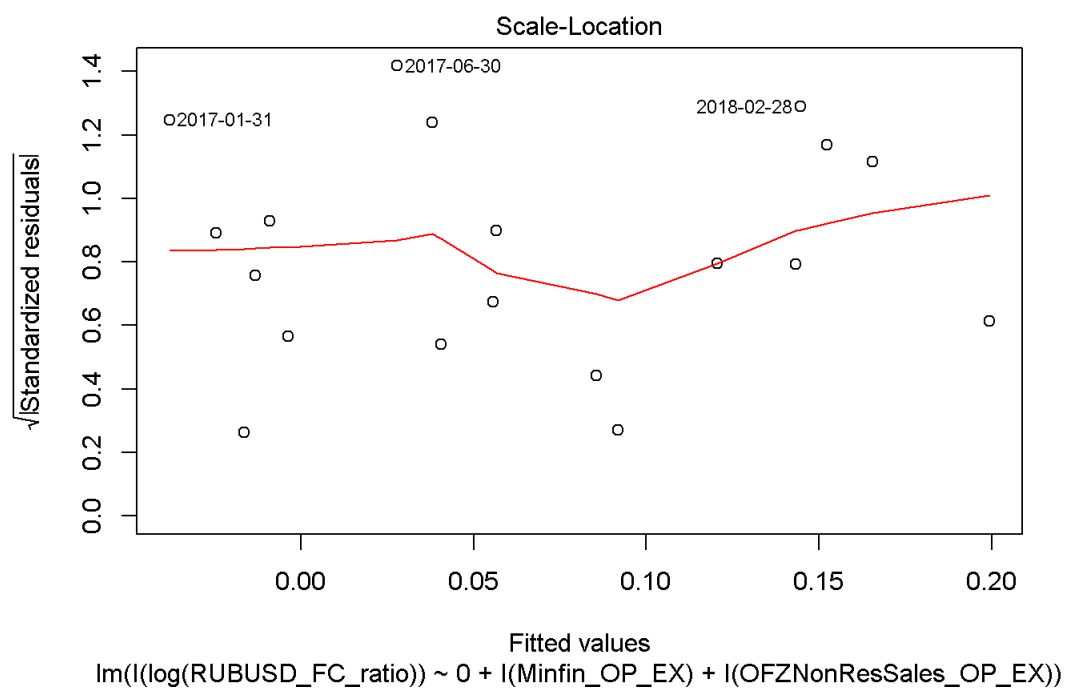
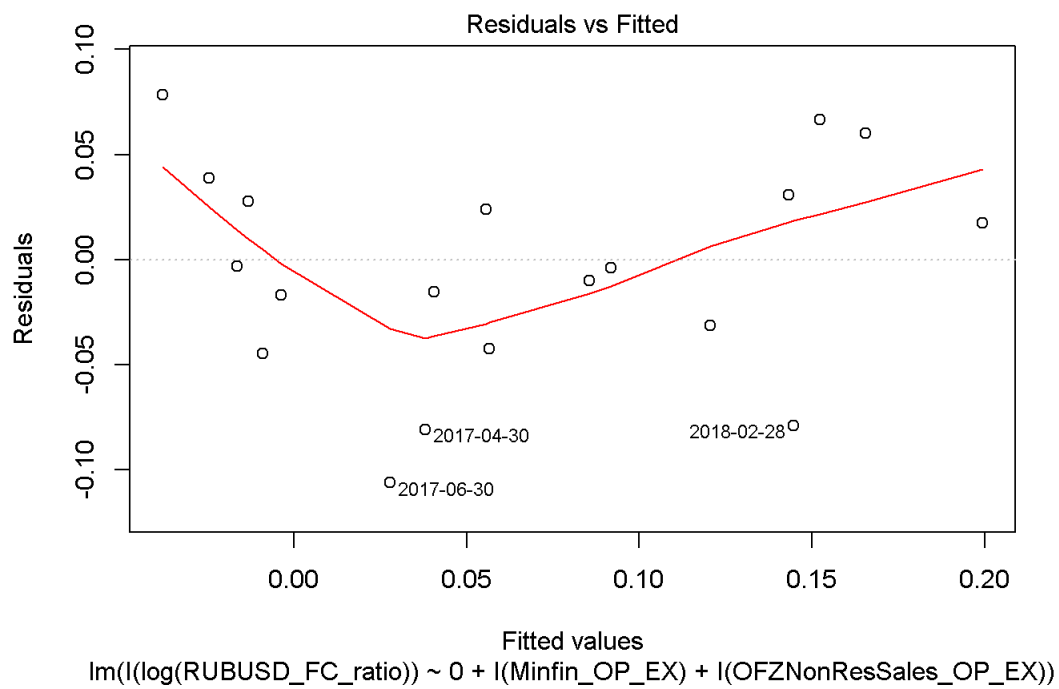
- Растущая цена на нефть.
- Стабилизация ожиданий рынка после опубликования списка контрентных американских санкций, а не домыслов.

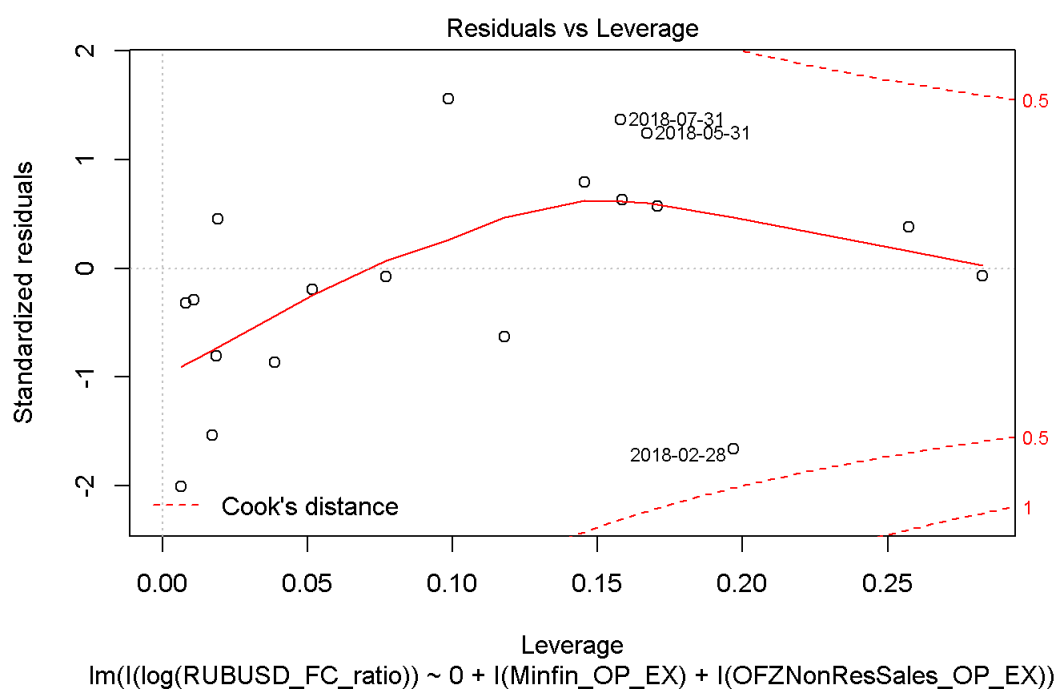
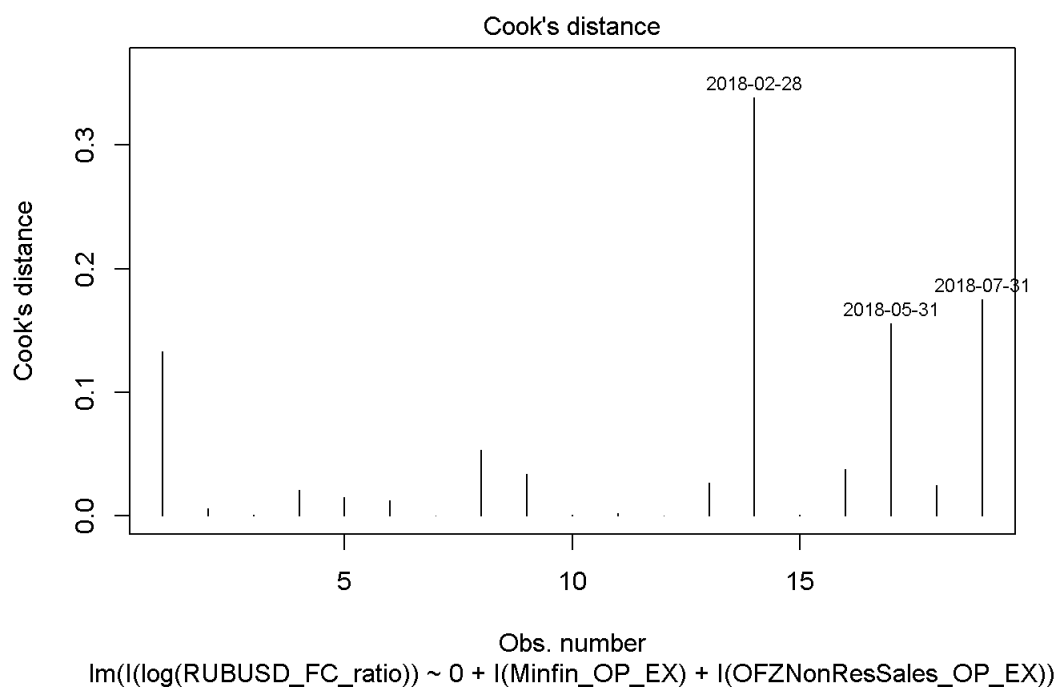
На эти процессы накладываются обычные колебания размера ~0.1 "нефтяного уровня" (5 руб.).

Если модель верна, то при отказе Минфина от закупок валюты при некризисном развитии событий потенциал ослабления доллара значителен. При продолжении закупок курс будет держаться выше 60-62 руб./долл. Естественно, стоит помнить, что на валютном рынке реальность может посмеяться над любыми ожиданиями.

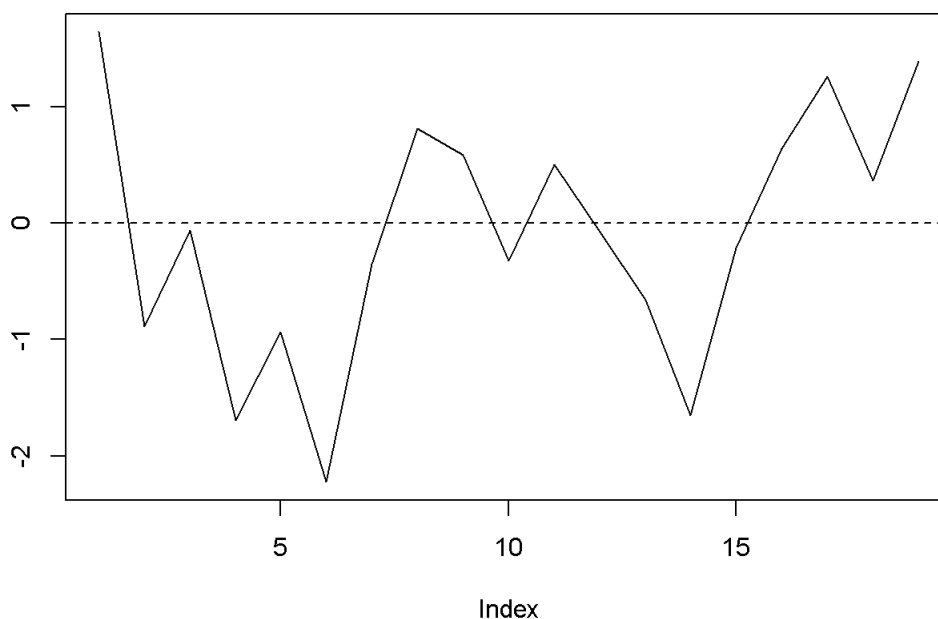
## Приложения

### Проверки моделей





resid(lm\_usd\_op\_sep)/deviance(lm\_usd\_op\_sep)

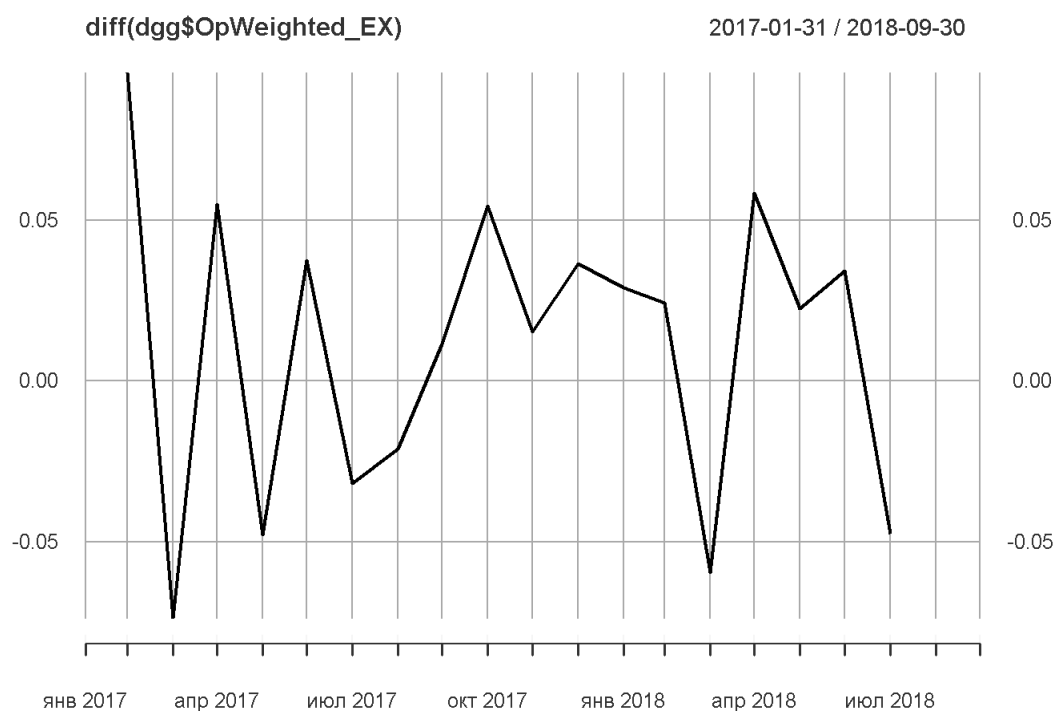


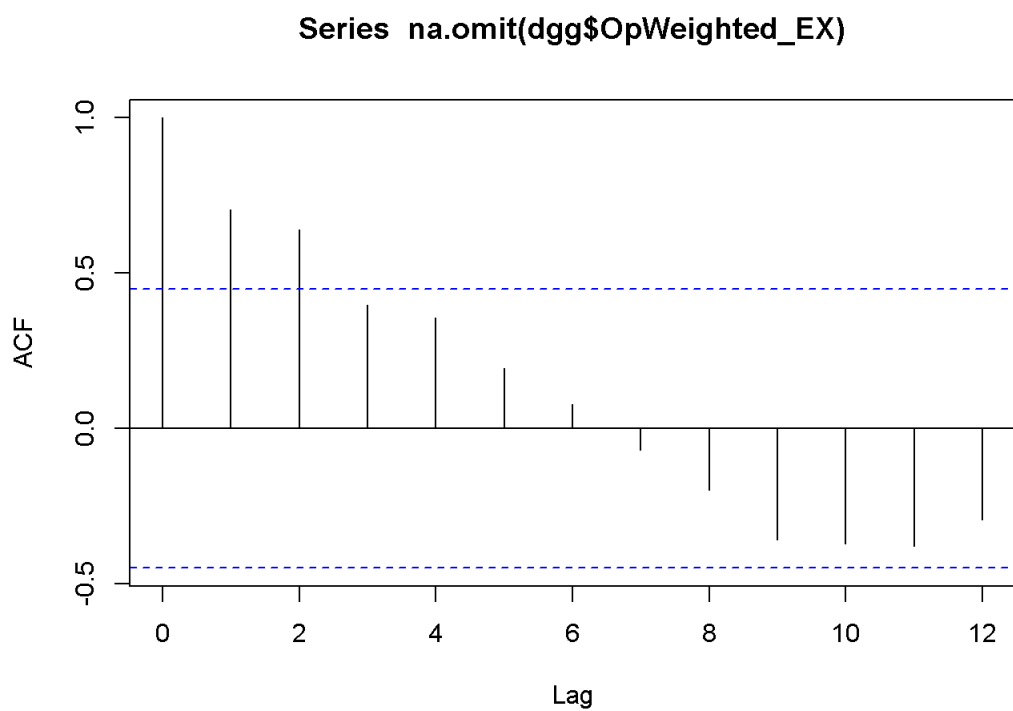
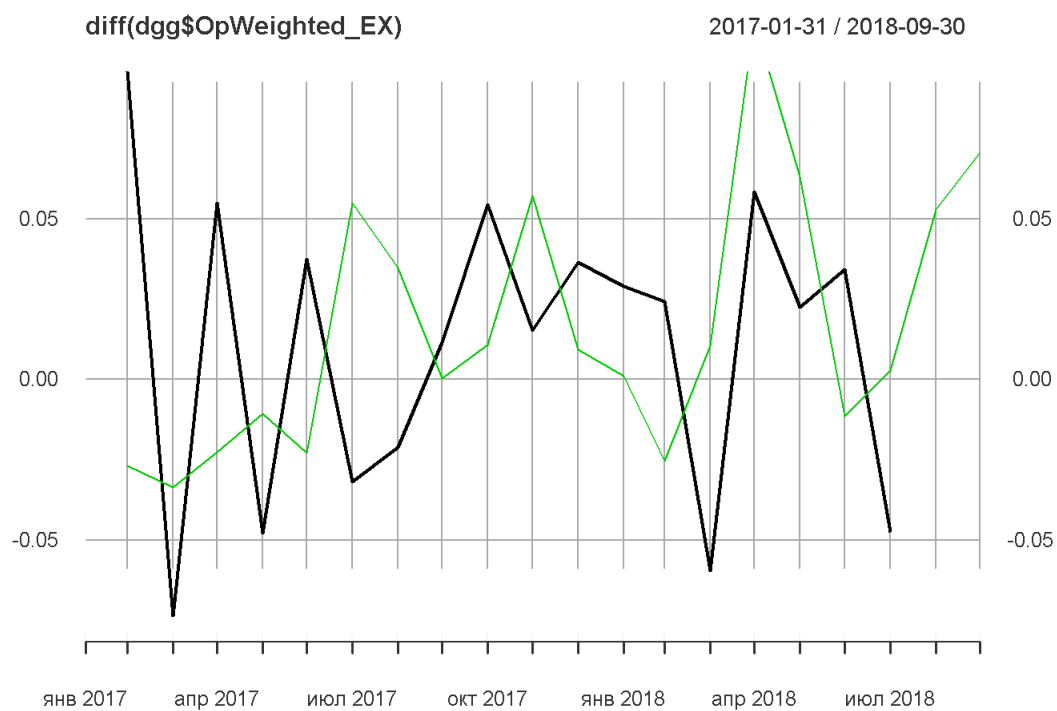
```
##
## Call:
## lm(formula = I(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ I(Minfin_OP_EX) + I(OFZNonResSales_OP_EX) +
##     r_1 - 1, data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.092132 -0.027126  0.006002  0.026482  0.063096
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## I(Minfin_OP_EX)      0.9767     0.1226   7.969 9.03e-07 ***
## I(OFZNonResSales_OP_EX) 0.6090     0.2674   2.277  0.0378 *
## r_1                  0.3154     0.2532   1.246  0.2320
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04974 on 15 degrees of freedom
## (3 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.832, Adjusted R-squared:  0.7985
## F-statistic: 24.77 on 3 and 15 DF, p-value: 4.622e-06
```

```
##
## Call:
## lm(formula = diff(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ diff(OpWeighted_EX),
##     data = dgg)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.041537 -0.030211 -0.007795  0.019702  0.087412
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      0.009652   0.008997   1.073   0.299
## diff(OpWeighted_EX) 0.024652   0.191350   0.129   0.899
##
## Residual standard error: 0.03717 on 16 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.001036, Adjusted R-squared: -0.0614
## F-statistic: 0.0166 on 1 and 16 DF, p-value: 0.8991
```

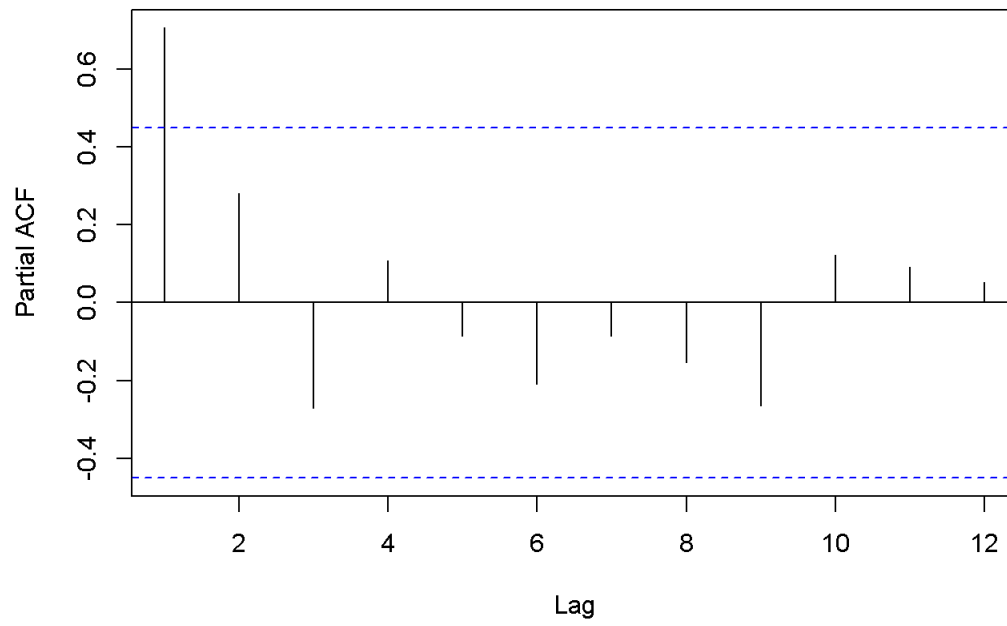
```
##
## Call:
## lm(formula = diff(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ diff(OpWeighted_EX),
##     data = dgg["2018-01-01/"])
##
## Residuals:
##      1      2      3      4      5      6
## -0.052835  0.014893  0.055131  0.023110 -0.042600  0.002301
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      0.01942    0.01886   1.030   0.361
## diff(OpWeighted_EX) 0.41006    0.43083   0.952   0.395
##
## Residual standard error: 0.04584 on 4 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.1847, Adjusted R-squared:  -0.01918
## F-statistic: 0.9059 on 1 and 4 DF,  p-value: 0.3951
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: diff(log(RUBUSD_FC_ratio))
##              Df    Sum Sq  Mean Sq F value Pr(>F)
## diff(OpWeighted_EX) 1 0.0019040 0.0019040  0.9059 0.3951
## Residuals          4 0.0084069 0.0021017
```

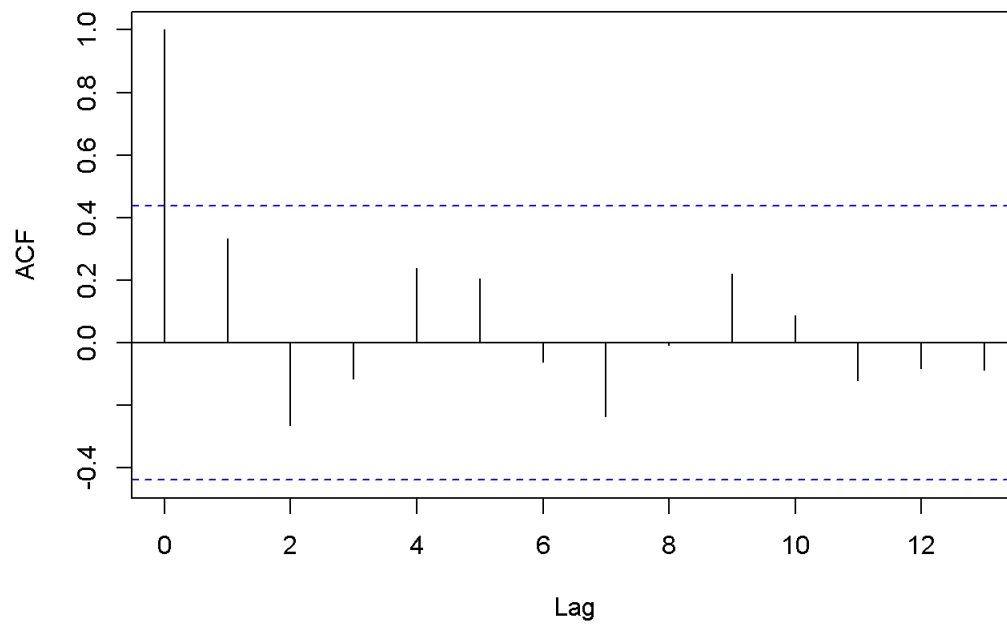




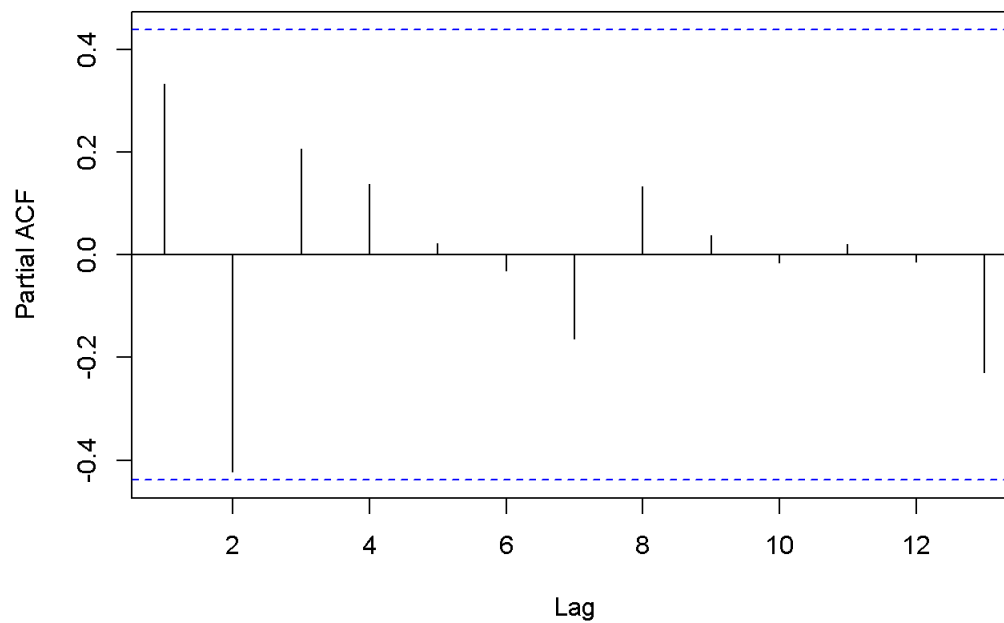
Series na.omit(dgg\$OpWeighted\_EX)



Series na.omit(diff(dgg\$RUBUSD\_FC\_ratio))



### Series na.omit(diff(dgg\$RUBUSD\_FC\_ratio))



```
##
## Call:
## lm(formula = diff(log(RUBUSD_FC_ratio)) ~ diff(OpWeighted_EX),
##     data = dgg["2018-01-01/"])
##
## Residuals:
##      1      2      3      4      5      6
## -0.052835  0.014893  0.055131  0.023110 -0.042600  0.002301
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)    0.01942    0.01886   1.030   0.361
## diff(OpWeighted_EX) 0.41006    0.43083   0.952   0.395
##
## Residual standard error: 0.04584 on 4 degrees of freedom
## (2 observations deleted due to missingness)
## Multiple R-squared:  0.1847, Adjusted R-squared: -0.01918
## F-statistic: 0.9059 on 1 and 4 DF, p-value: 0.3951
```