



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Анализ устойчивости платежного баланса Российской Федерации с помощью модели внешнеэкономической деятельности

Карпова Анастасия
БЭК165

asyakarpovaa@gmail.com

Научный руководитель: Ужegov А.А.

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики» (Москва)

1 июня 2020 г.

Цель: модельно описать внешнеэкономическую деятельность РФ для построения сценарных прогнозов основных компонент платежного баланса, валютного курса, показателей топливных рынков и покупки валюты в рамках бюджетного правила.

Задачи:

- Обзор способов моделирования внешнеэкономической деятельности;
- Сбор и обработка статистических данных;
- Построение модели и ее программная реализация на языке R;
- Построение месячных прогнозов основных переменных модели на краткосрочный период (1 год);
- Анализ устойчивости* платежного баланса при различных сценариях с помощью построенной модели.

*Под устойчивостью в работе понимается способность поддержания положительного сальдо счета текущих операций.

- **Модели малой открытой экономики с платежным балансом**
Моделируется поведение фирм, домохозяйств, монетарных и фискальных властей. В ходе численного решения находится равновесное значение платежного баланса (Mendoza E., Uribe M., 1999).
- **Стохастические модели общего равновесия (DSGE)**
Более гибкие при моделировании поведения агентов. Позволяют проводить симуляции экономики и строить функции импульсного отклика для анализа шоков (Cubas, G., 2011).

Особенности: моделирование нескольких агентов; теоретические предпосылки о связи переменных и особенностях поведения агентов.

- **Статистические модели**
Основаны на статистическом исследовании динамики временных рядов. Позволяют анализировать взаимосвязи переменных и находить предикторы, полезные для прогнозирования других рядов (Freund, 2005).

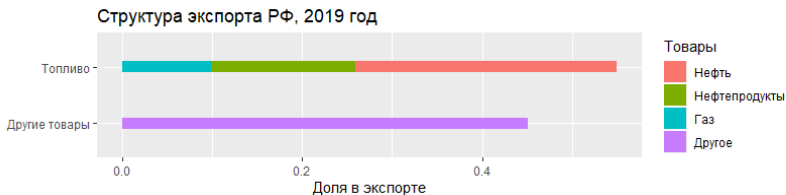
Особенности: базовые теоретические предпосылки о связях переменных; основная трудность в подборе предикторов и обработке данных; более простая процедура построения и оценки моделей.

- Фактические данные, используемые в модели, покрывают период с первого квартала 2006 года по первый квартал 2020 года.
- Квартальные данные по всем рядам доступны за весь рассматриваемый период. Месячные данные по некоторым рядам отсутствуют на протяжении нескольких лет.

Данные	Источник
переменные платежного баланса	ЦБ РФ
ключевая ставка	ЦБ РФ
цена Brent и природного газа	World Bank Commodity Price Data
покупка валюты	Минфин
ВВП и его компоненты	Росстат
доходность 10Y Treasury	Investing.com

Таблица: Источники данных

- Модель развивает идеи статьи Пильник & Ужегов, 2017. Основная часть модели посвящена платежному балансу.
- Состоит из набора эконометрических и балансовых соотношений, оцениваемых в системе либо по отдельности.
- Модель включает набор экзогенных переменных, динамика которых не объясняется, но используется для прогнозирования и сценарного анализа.
- Для России, как экспортно - ориентированной экономики, торговый баланс формирует основную часть счета текущих операций, поэтому предполагается связь динамики платежного баланса и валютного курса, а также объема продажи валюты в рамках бюджетного правила.



Эндогенные переменные	Обозначение в модели
модель платежного баланса	
модели топливных ресурсов*	
средняя цена экспорта ресурса	<i>p_exp_oil</i>
объем экспорта ресурса	<i>v_exp_oil</i>
выручка от экспорта	<i>r_exp_oil</i>
валютный курс (USD/RUB)	<i>rub_usd</i>
покупка валюты по бюджетному правилу	<i>r_cur_purch</i>

Таблица: Блоки модели

* в рамках модели оцениваются отдельные системы для нефти, газа и нефтепродуктов

Оценивается несколько систем уравнений.

№	Система	Уравнения
1	Экспорт (1)	экспорт товаров, экспорт других товаров
2	Экспорт (2)	экспорт услуг, торговый баланс, баланс услуг
3	Импорт	импорт товаров, импорт услуг, совокупный импорт
5		баланс оплаты труда
6		баланс вторичных доходов
7	Баланс инвест. доходов	баланс инвест. доходов, счет текущих операций
8		изменение резервных активов
9		чистые пропуски и ошибки

Таблица: Платежный баланс: системы и уравнения

Финансовый баланс

$$\widehat{r_bal_fin}_t = \widehat{r_cur_acc}_t + \widehat{r_errors}_t - \widehat{dif_res}_t$$

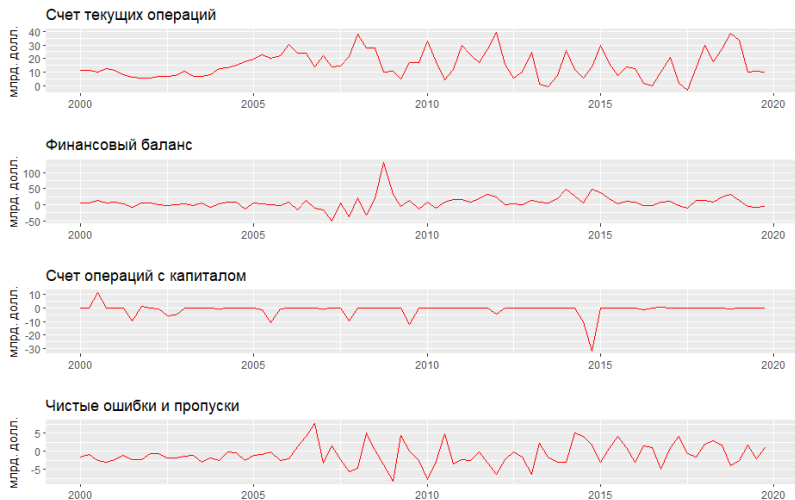


Рис.: Структура платежного баланса

Типичная система модели на примере блока нефти:

$$\begin{cases} p_exp_oil_t = c_1 + c_2 \cdot brent_{t-1} + c_3 \cdot brent_{t-3} + \varepsilon_{t,p} \\ v_exp_oil_t = \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_{jt} \cdot (a_1 + a_2 \cdot v_exp_oil_{t-3} + a_3 \cdot usd_rub_{t-1} + \\ \quad + a_4 \cdot p_exp_oil_{t-3}) + \varepsilon_{t,v} \\ r_exp_oil_t = p_exp_oil_t \cdot v_exp_oil_t + \varepsilon_{t,r}, \end{cases}$$

где уравнения на цену и объем нефти — пример эконометрических соотношений, а выручка — балансовое соотношение (должно быть выполнено по определению: выручка = цена × объем).

С помощью подбора предикторов можно учитывать смену режима монетарной политики.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{dif_reserves}_t = c_1 + c_2 \cdot \widehat{\text{dif_reserves}}_{t-1} + \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot \text{dum}_{jt} + \\ \quad + c_3 \cdot \widehat{r_cur_acc}_t + c_4 \cdot \widehat{r_cur_acc}_{t-1} + \\ \quad + \left(c_5 + c_6 \cdot \frac{vcor_t}{\widehat{usd_rub}_{t-1}} \right) \cdot \Delta \text{brent}_t + \\ \quad + c_7 \cdot \Delta \text{usd_rub}_t + c_8 \cdot \Delta \text{usd_rub}_{t-1} + c_9 \cdot \Delta \text{usd_eur}_t + \varepsilon_{t,df_1} \\ \text{dif_reserves2}_t = a_1 + a_2 \cdot \widehat{\text{dif_reserves}}_{t-1} + \sum_{j=1}^{11} f_j \cdot \text{dum}_{jt} + \\ \quad + a_3 \cdot \widehat{r_cur_acc}_t + a_4 \cdot \widehat{r_cur_acc}_{t-1} + a_5 \cdot \Delta \text{brent}_t + \\ \quad + a_6 \cdot \Delta \text{usd_rub}_t + a_7 \cdot \Delta \text{usd_rub}_{t-1} + a_8 \cdot \Delta \text{usd_eur}_t + \\ \quad + a_9 \cdot \widehat{r_cur_purch}_t + a_{10} \cdot \widehat{r_cur_purch}_{t-1} + \varepsilon_{t,df_2}, \end{array} \right.$$

где первое уравнение содержит переменную ширины валютного коридора $vcor_t$, а второе — переменную покупки валюты $r_cur_purch_t$. Первое уравнение предназначено для восстановления динамики ряда до конца 2014 года.

- На первом шаге оценивается уравнение на прирост величины валютного курса rub_usd_growth_t :

$$\begin{aligned} \text{rub_usd_growth}_t = & c_1 + c_2 \cdot \text{rub_usd_growth}_{t-1} + c_3 \cdot \text{usd_eur_ratio}_t + \\ & + \left(c_4 + c_5 \cdot \text{dum_1114}_t + c_6 \cdot \frac{\text{vcor}_t}{\text{usd_rub}_{t-1}} \right) \cdot \text{brent_ratio}_t + \\ & + (c_7 + c_8 \cdot \text{dum_1114}_t) \cdot \text{em_index_ratio}_t + \\ & + c_9 \cdot \text{dif_r}_t \cdot \text{dum_1114}_t + \sum_{i=0,1} c_{10+i} \cdot \text{r_cur_purch}_{t-i} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

- На втором шаге на основании полученного прогноза прироста строится несколько прогнозов валютного курса с разной стартовой точкой с шагом в квартал (с июня 2006 г., с сентября 2006 г. и т.д.)
- Итоговый прогноз валютного курса получается путем усреднения в каждой точке прогнозов, полученных на втором шаге.

- Смысл **целевой функции** — учесть при подборе коэффициентов ошибку как на месячных, так и на квартальных значениях:

$$E(y_m, \hat{y}_m, y_q, \hat{y}_q; \alpha) = ||y_m - \hat{y}_m||_2 + \alpha ||y_q - \hat{y}_q||_2,$$

где y_m — фактические месячные значения временного ряда, \hat{y}_m — восстановленные моделью значения этого ряда, y_q — фактические квартальные значения, \hat{y}_q — восстановленные квартальные значения, α — параметр регуляризации.

- Для сравнения моделей данные поделены на две части: обучающая выборка — до 2018 года, тестовая выборка — 2019 год.
- В качестве бенчмарков выбраны ARIMA, ets и сезонный наивный прогноз.
- Модели сравнивались по двум метрикам: MAPE и MASE.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|,$$

$$MASE = \frac{\frac{1}{J} \sum_j |e_j|}{\frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T |Y_t - Y_{t-1}|},$$

- Прогнозная сила модели внешнеэкономической деятельности оказалась выше для 18 переменных из 27 по MAPE и для 12 переменных из 27 по MASE.

где Y_t — фактические значения ряда, \hat{Y}_t — прогноз, n — длина прогноза, J — длина тестовой выборки, T — длина обучающей выборки, e_t — ошибка прогноза исследуемой модели.

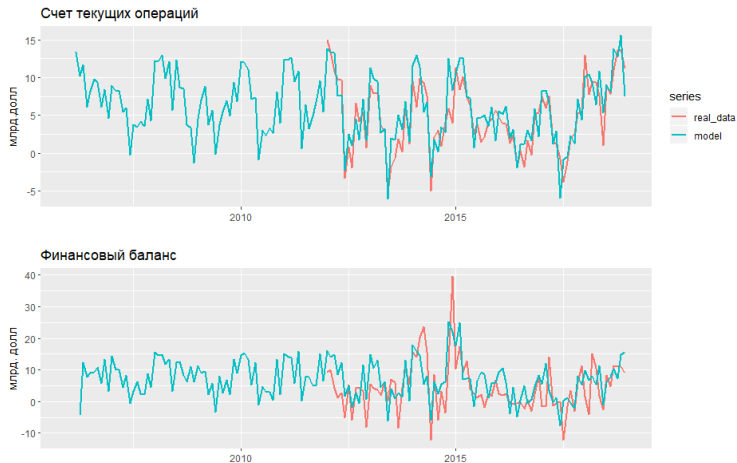


Рис.: Модель платежного баланса: счет текущих операций и финансовый баланс

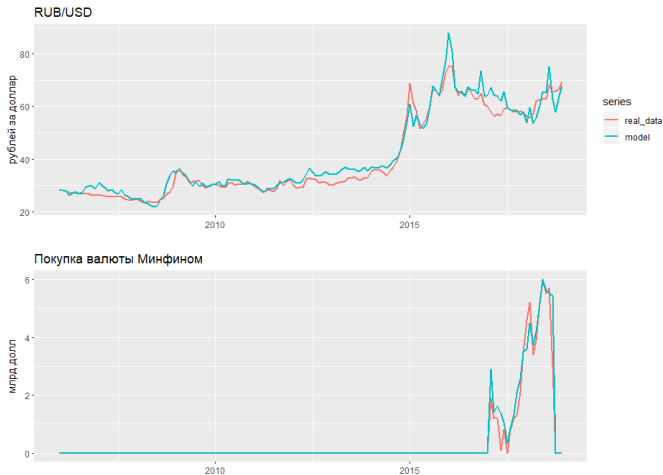


Рис.: Модели обменного курса и покупки валюты

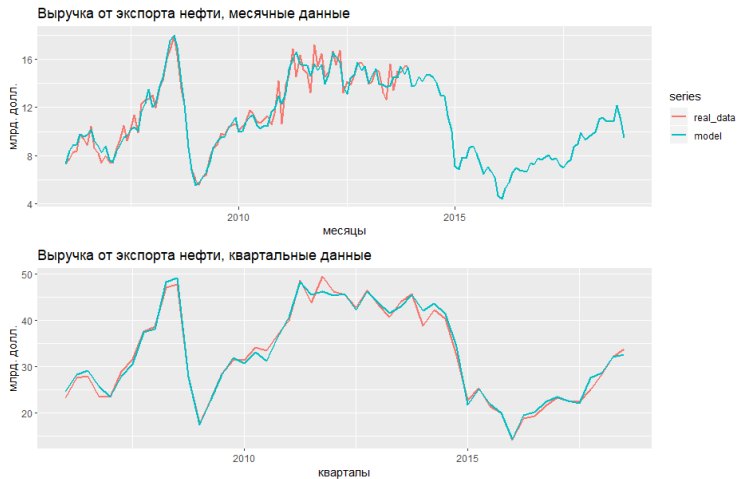


Рис.: Выручка от экспорта нефти

- В работе построены сценарные прогнозы на 2020 год.
- Рассмотрено три сценария:

Переменная	Базовый	Оптимистичный	Пессимистичный
Brent	33	64.9	27
Δ ВВП	−5.5%	0%	−8%
Ключевая ставка	5.5% до 07.20, 5% до 12.20	5.5% до 07.20, 5% до 10.20, 4.5% до 12.20	5.5%
USD/EUR	1.1	1.2	1.08
Цена отсечения	42.44	42.44	42.44

Таблица: Сценарии экзогенных переменных

- Траектории остальных экзогенных переменных спрогнозированы с помощью сезонной наивной модели.

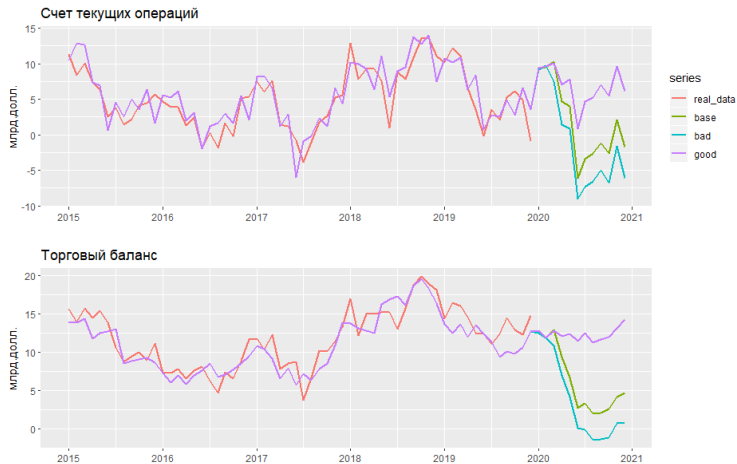


Рис.: Компоненты платежного баланса

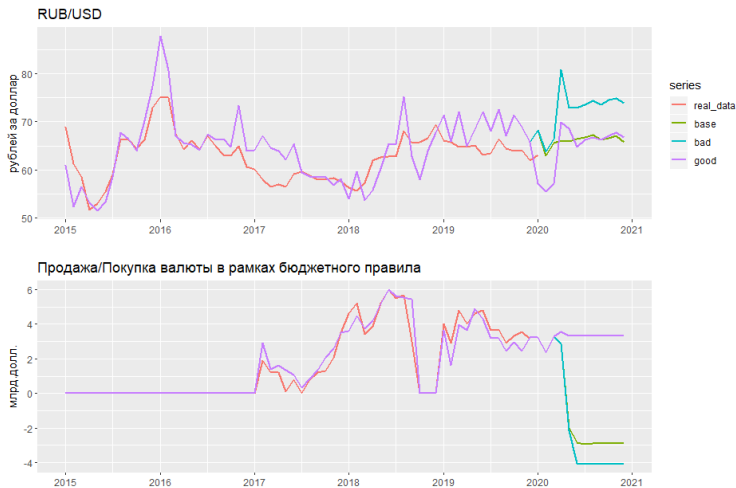


Рис.: Валютный курс и покупка валюты Минфином

- Предложена модель внешнеэкономической деятельности РФ, включающая блок платежного баланса в разбивке на отдельные счета и их компоненты, уравнение валютного курса (RUB/USD), уравнение покупки валюты в рамках бюджетного правила и блок моделей топливных ресурсов.
- Построены прогнозы на 2020 год при базовом, оптимистичном и пессимистичном сценариях.
- Прогнозы демонстрируют высокую зависимость устойчивости платежного баланса РФ (способности поддерживать профицит счета текущих операций) от цен на нефть. В базовом и пессимистичном сценариях, при среднем уровне цен на нефть марки Brent ниже цены отсечения, на протяжении 2020 года ожидается дефицит счета текущих операций.

Спасибо за внимание!

Карпова Анастасия
БЭК165

asyakarpovaa@gmail.com

Эндогенные переменные	Обозначение в модели
Эконометрические соотношения	
экспорт прочих товаров	<i>r_exp_othg</i>
экспорт услуг	<i>r_exp_serv</i>
импорт товаров	<i>r_imp_goods</i>
импорт услуг	<i>r_imp_serv</i>
баланс оплаты труда	<i>r_bal_wage</i>
баланс ренты и вторичных доходов	<i>r_bal_rent_sinc</i>
баланс инвестиционных доходов	<i>r_bal_inv</i>
изменение резервных активов	<i>dif_reserves</i>
чистые ошибки и пропуски	<i>r_errors</i>

Таблица: Модель платежного баланса

Эндогенные переменные	Обозначение в модели
Балансовые соотношения	
экспорт товаров	<i>r_exp_goods</i>
импорт	<i>r_imp_all</i>
экспорт	<i>r_exp_all</i>
торговый баланс	<i>r_bal_trade</i>
баланс услуг	<i>r_bal_serv</i>
счет текущих операций	<i>r_cur_account</i>
финансовый баланс	<i>r_bal_fin</i>

Таблица: Модель платежного баланса: продолжение

Экзогенные переменные	Обозначение в модели
показатели мировых рынков	
цена нефти марки Brent	brent
цена природного газа, LNG	gas_lng
цена природного газа, Europe	gas_europe
курс USD/EUR	usd_eur
EM index	em_index
показатели добычи и переработки	
добыча нефти	v_prod_oil
первичная переработка нефти	v_prod_op
добыча природного газа	v_prod_gas

Таблица: Экзогенные переменные

Экзогенные переменные	Обозначение в модели
показатели денежно-кредитной политики	
ставка РЕПО, %	rate_repo
доходность 10Y Treasury, %	rate_10tr
ширина валютного коридора	vcor
цена отсечения по валютному правилу	r_price_cur_purch
ВПП и показатели внутреннего спроса	
ВВП, номинальный	n_y
потребление домашних хозяйств	n_c
потребление государства	n_g
ВНОК	n_j
Изменение запасов	n_ds

Таблица: Экзогенные переменные: продолжение

$$r_cur_purch_t = r_dum_cur_purch_t \cdot (c_1 \cdot r_cur_purch_{t-1} + \\ + c_2 \cdot r_price_cur_purch_t + \sum_{i=0}^2 c_{i+3} \cdot brent_{t-i}) + \varepsilon_t,$$

где $r_dum_cur_purch_t$ — дамми-переменная, равная единице в период t , когда Минфин выходил на валютный рынок.

Модель газа:

$$\begin{cases} p_exp_gas_t = c_1 + dum_2012_t + \sum_{i=1,3,5,6} b_i \cdot brent_{t-i} + \sum_{i=3,5} g_i \cdot gas_lng_{t-i} + \\ \quad + c_2 \cdot gas_europe_t + \varepsilon_{t,p} \\ v_exp_gas_t = \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_{jt} \cdot (a_1 + a_2 \cdot v_prod_gas_t + a_3 \cdot usd_eur_t + \\ \quad + a_4 \cdot \frac{\Delta usd_rub_{t-1}}{usd_rub_{t-2}} + \sum_{i=1,7} p_i \cdot \widehat{p_exp_gas_{t-i}}) + \varepsilon_{t,v} \\ r_exp_gas_t = p_exp_gas_t \cdot v_exp_gas_t + \varepsilon_{t,r} \end{cases}$$

Модель нефтепродуктов:

$$\begin{cases} p_exp_op_t = c_1 + \sum_{i=0}^3 c_{2+i} \cdot brent_{t-i} + \varepsilon_{t,p} \\ v_exp_op_t = \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_{jt} \cdot (a_1 + a_2 \cdot v_prod_op_{t-1} + a_3 \cdot \frac{usd_rub_{t-1}}{usd_rub_{t-2}} + \\ \quad + a_4 \cdot \widehat{p_exp_op_{t-1}}) + \varepsilon_{t,v} \\ r_exp_op_t = p_exp_op_t \cdot v_exp_op_t + \varepsilon_{t,r} \end{cases}$$

- Экспорт

Первый шаг:

$$\begin{cases} r_exp_othg_t = \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_{jt} \cdot (c_1 + (c_2 \cdot \widehat{r_exp_fuels}_t + \\ + c_3 \cdot dum_1114_t \cdot \widehat{r_exp_fuels}_t) + \varepsilon_{t,othg} \\ r_exp_goods_t = \widehat{r_exp_fuels}_t + \widehat{r_exp_othg}_t + \varepsilon_{t,gds}, \end{cases}$$

где

$$\widehat{r_exp_othg}_t = \widehat{r_exp_oil}_t + \widehat{r_exp_op}_t + \widehat{r_exp_gas}_t.$$

Второй шаг:

$$\begin{cases} r_exp_serv_t = \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_t \cdot (c_1 + c_2 \cdot \widehat{r_exp_goods}_t + \\ + c_3 \cdot \widehat{r_imp_serv}_t) + \varepsilon_{t,srv} \\ r_bal_trade_t = \widehat{r_exp_goods}_t - \widehat{r_imp_goods}_t + \varepsilon_{t,bt} \\ r_bal_serv_t = \widehat{r_exp_serv}_t - \widehat{r_imp_serv}_t + \varepsilon_{t,bs} \end{cases}$$

- Импорт

$$\begin{cases} r_imp_goods_t = \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_{jt} \cdot (c_1 + \frac{c_2 \cdot n_c_{t-1} + c_3 \cdot n_j_{t-1} + c_4 \cdot n_ds_{t-1}}{usd_rub_{t-1}}) + \\ \quad + c_5 \cdot \widehat{r_exp_goods}_{t-1} + \varepsilon_{t,gds} \\ r_imp_serv_t = \sum_{j=1}^{11} \rho_j \cdot dum_{jt} \cdot (a_1 + \frac{a_2 \cdot n_c_{t-1} + a_3 \cdot n_j_{t-1} + a_4 \cdot n_ds_{t-1}}{usd_rub_{t-1}}) + \\ \quad + a_5 \cdot \widehat{r_imp_goods}_{t-1} + \varepsilon_{t,svr} \\ r_imp_all_t = \widehat{r_imp_goods}_t + \widehat{r_imp_serv}_t + \varepsilon_{t,all} \end{cases}$$

- Баланс оплаты труда

$$\begin{aligned} r_bal_wage_t = \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_{jt} \cdot (c_1 + c_2 \cdot \widehat{r_exp_oil}_t + c_3 \cdot \widehat{r_exp_othg}_t + \\ + c_4 \cdot \widehat{r_exp_serv}_t + c_5 \cdot \widehat{r_imp_serv}_t) + \varepsilon_{t,bw} \end{aligned}$$

- Баланс ренты и вторичных доходов

$$\begin{aligned} r_rent_sinc_t = \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_{jt} \cdot (c_1 + c_2 \cdot \widehat{r_exp_goods}_t + \\ + c_3 \cdot \widehat{r_exp_serv}_t) + \varepsilon_{t,rs} \end{aligned}$$

- Баланс инвестиционных доходов

- Баланс инвестиционных доходов

$$\begin{cases} r_bal_inv_t = \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_t \cdot (c_1 + c_2 \cdot \widehat{r_bal_trade}_t + \\ \quad + c_3 \cdot \widehat{r_bal_serv}_t) + \varepsilon_{t,bi} \\ r_cur_acc_t = \widehat{r_bal_inv}_t + \widehat{r_bal_rent_sinc}_t + \widehat{r_bal_wage}_t + \\ \quad + \widehat{r_bal_serv}_t + \widehat{r_bal_trade}_t + \varepsilon_{t,ca} \end{cases}$$

- Финансовый баланс

$$\widehat{r_bal_fin}_t = \widehat{r_cur_acc}_t + \widehat{r_errors}_t - \widehat{dif_res}_t$$

- Чистые ошибки и пропуски

$$\widehat{r_errors}_t = c_1 + c_2 \cdot \Delta brent_t + \sum_{j=1}^{11} d_j \cdot dum_t$$

series	bp_model		arima		ets		snaive	
	MAPE	MASE	MAPE	MASE	MAPE	MASE	MAPE	MASE
p_exp_gas	0.02	1.93	0.05	2.22	0.06	2.37	0.03	1.16
p_exp_oil	0.01	0.43	0.04	1.54	0.04	1.63	0.04	1.72
p_exp_op	0.02	0.91	0.08	5.07	0.02	1.52	0.04	2.54
r_bal_fin	1.61	0.96	2.73	1.07	4.35	1.39	3.37	1.63
r_bal_inv	0.36	1.09	0.28	0.52	0.29	0.56	0.33	0.63
r_bal_rent_sinc	0.44	2.02	0.55	0.77	0.58	0.84	0.49	0.73
r_bal_serv	2.14	1.21	0.26	1.26	0.13	0.62	0.22	1.06
r_bal_trade	0.17	1.72	0.14	1.31	0.35	3.26	0.25	2.39
r_bal_wage	0.25	1.53	0.33	4.35	0.35	5.04	0.17	3.21
r_cur_account	0.36	1.63	5.83	2.86	4.36	2.31	2.49	1.84
r_cur_purch	0.20	0.59	1.13	6.03	1.00	5.43	0.48	2.41
r_dif_reserves	1.28	1.11	0.82	1.48	0.59	1.16	1.19	1.68
r_errors	1.90	0.95	1.11	0.67	1.03	0.61	1.86	0.88
r_exp_all	0.05	0.90	0.08	1.53	0.06	1.09	0.07	1.40

Таблица: Метрики качества для модели
внешнеэкономической деятельности и бенчмарков

series	bp_model		arima		ets		snaive	
	MAPE	MASE	MAPE	MASE	MAPE	MASE	MAPE	MASE
r_exp_gas	0.08	0.88	0.12	1.05	0.09	0.73	0.14	1.22
r_exp_goods	0.03	0.54	0.09	1.69	0.07	1.40	0.08	1.53
r_exp_oil	0.04	0.90	0.07	0.87	0.07	0.90	0.07	0.91
r_exp_op	0.08	0.87	0.09	0.65	0.12	0.81	0.11	0.79
r_exp_othg	0.05	0.49	0.05	0.79	0.04	0.70	0.06	0.91
r_exp_serv	0.19	1.16	0.05	0.47	0.04	0.42	0.06	0.60
r_imp_all	0.04	0.35	0.07	1.02	0.07	0.99	0.05	0.77
r_imp_goods	0.04	0.37	0.06	0.88	0.09	1.29	0.05	0.81
r_imp_serv	0.16	1.31	0.08	0.82	0.04	0.34	0.06	0.61
rub_usd	0.06	1.61	0.11	6.37	0.13	7.75	0.06	3.63
v_exp_gas	0.08	0.84	0.14	1.36	0.09	0.92	0.14	1.36
v_exp_oil	0.04	1.09	0.05	0.74	0.05	0.72	0.04	0.61
v_exp_op	0.08	0.95	0.10	0.74	0.10	0.76	0.11	0.84

Таблица: Метрики качества для модели внешнеэкономической деятельности и бенчмарков

Приложение

12: сценарные прогнозы выручки нефти и газа

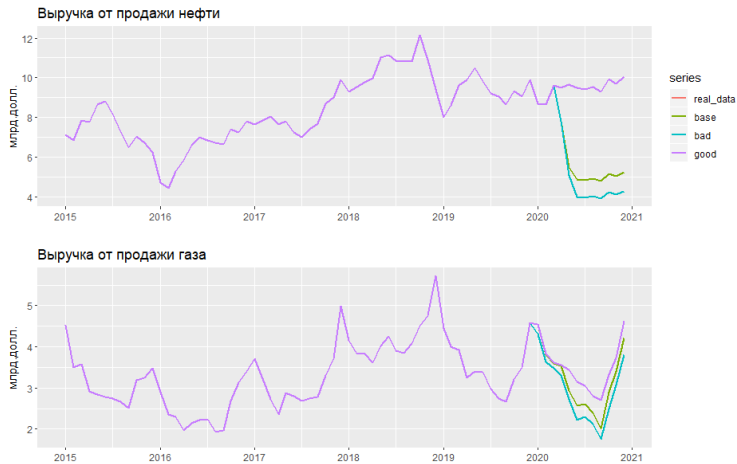


Рис.: Выручка от экспорта нефти и газа