



**ЦЕНТР МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
И КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

Тел.: 8-499-129-17-22, факс: 8-499-129-09-22, e-mail: mail@forecast.ru, <http://www.forecast.ru>

Опережающие индикаторы изменений цены нефти и модели цены нефти

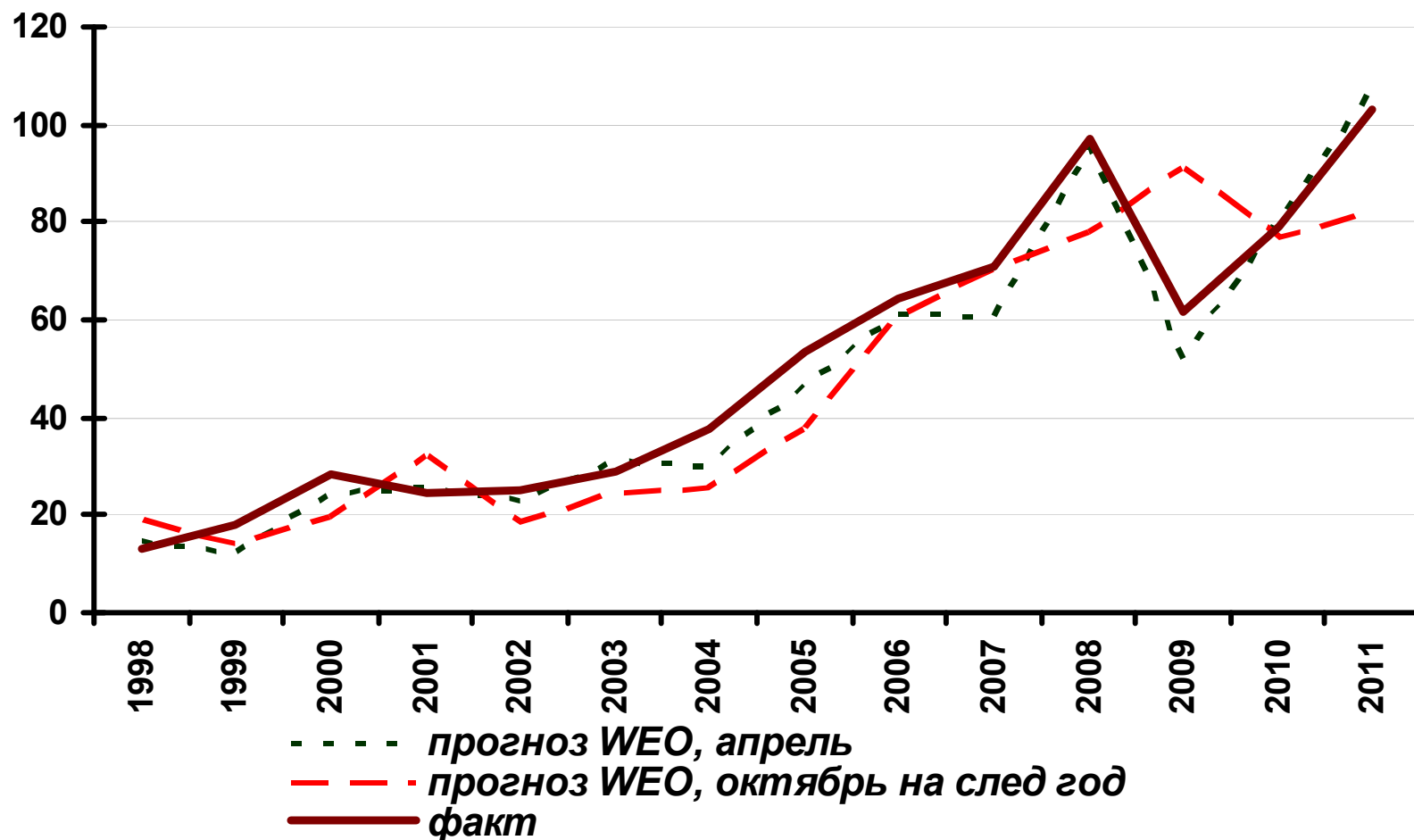
Александр Апокин, ЦМАКП

НИУ-ВШЭ, Апрель 2012

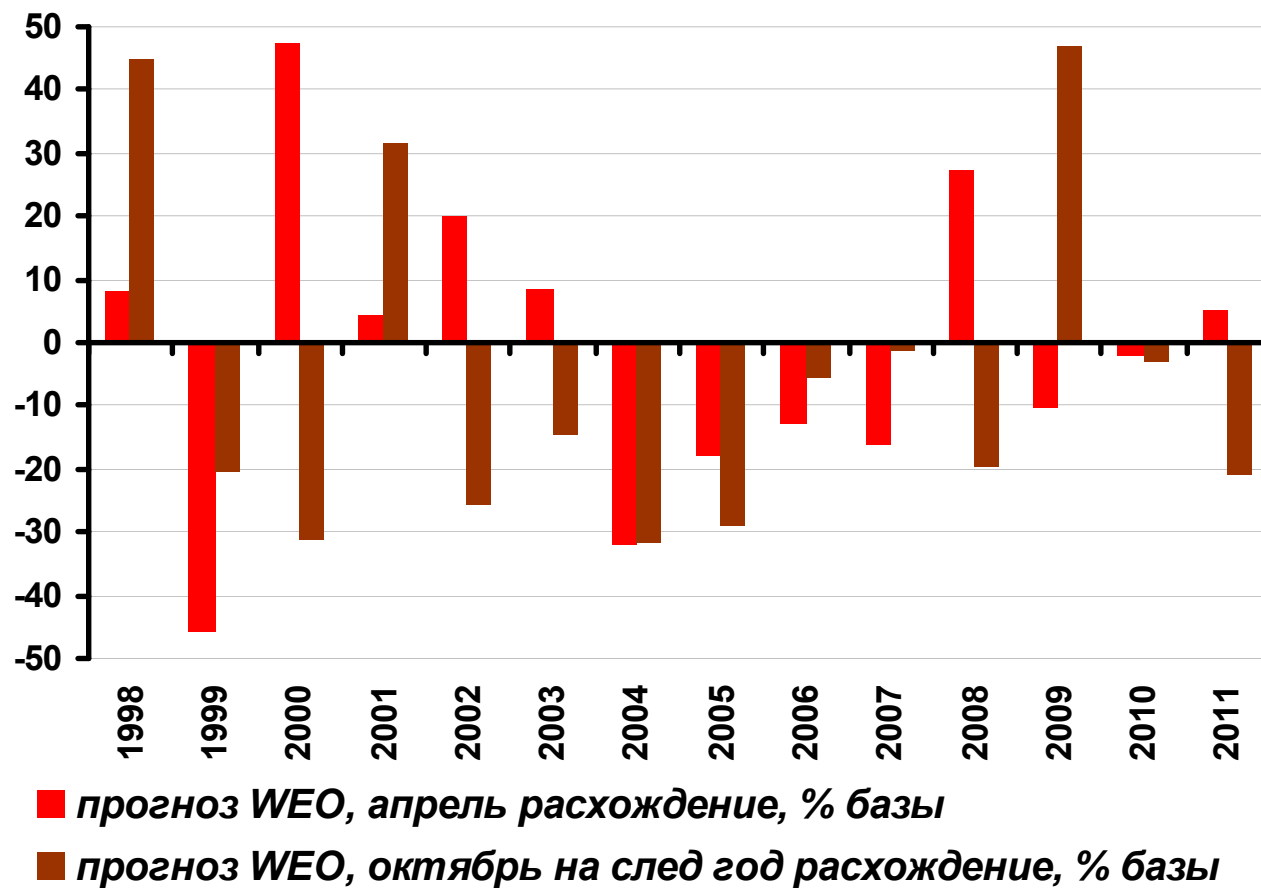
Основные вопросы

- Насколько пригодны прогнозы цены для предсказания резких изменений цен на нефть?
- Какие способы прогнозирования цен на нефть применимы в регулярной аналитической практике?

Пример: прогнозы МВФ



Пример: прогнозы МВФ



Базой для прогноза в апреле считается факт предыдущего, для прогноза в октябре – текущего года

Подходы к прогнозированию цены на нефть в литературе (1)

- Анализ временных рядов: Zeng and Swanson (1998), Pindyck (1999) Radchenko (2005)
- Закон единой цены при информационной эффективности финансового рынка: Fama and French (1987), Morana (2001), Murat and Tokat (2009)
- Структурные модели (факторы спроса и предложения): Kaufmann et al. (2007), Merino and Ortiz (2005), Lalonde et al. (2003)

Подходы к прогнозированию цены на нефть в литературе (2)

- Модели временных рядов используются для оценки качества других моделей цены на нефть чаще, чем для прогнозирования (Frey et al (2010))
- Структурные модели, как правило, реже превосходят бенчмарк по качеству прогноза, чем модели закона единой цены
- Бинарные (logit/probit) модели изменений цены на нефть почти не используются (Batchelor (2009))

Требования к результатам модели

- Пригодность для регулярного прогнозирования (отсутствие ненаблюдаемых компонент, доступность данных)
- Интерпретируемость результатов
- Сопоставимый горизонт прогнозов

1. Модели с бинарными переменными для прогнозирования резких изменений цены на нефть

Бинарные модели для временных рядов (достоинства)

- Не требуют «тонкой» очистки от шума
- Низкая цена ошибки при нестационарности исходного показателя
- Допустимы на более длинных горизонтах
- Наличие порога позволяет не анализировать небольшие колебания

Бинарные модели для временных рядов (недостатки)

- Отбрасывают информацию вместе с шумом – вместо того, чтобы отделять шум от информации
- Результаты зависят от уровня порога изменений цены на нефть
- Не позволяют строить прогнозы цены – важно в случае, если порог превышен

Описание модели: зависимые переменные (1)

- **Асимметрия изменений цены – рост и падение цены выделяются как различные зависимые переменные и описываются различными моделями**
- **Зависимая переменная на дату X равна 1, если:**
 - 1) В квартале $X+1$ и (или) $X+2$ произошло событие
 - 2) Событие – рост цен на нефть на 25% за квартал или падение цен на нефть на 20% за квартал

Описание модели: зависимые переменные (2)

Пример:

- В **третьем квартале 2008 г.** индикатор фиксирует резкое снижение цены на нефть (-29.5% ко второму кварталу 2008 г.)
- Значит, в **первом квартале 2008 г.** (за шесть месяцев до этого), индикатор падения равен «1»
- В **третьем квартале 2008 г.**, в момент падения цены, **индикатор равен «0»**, так как в первом квартале 2009 г. (через два квартала) падения цены на 20% и более зафиксировано не было

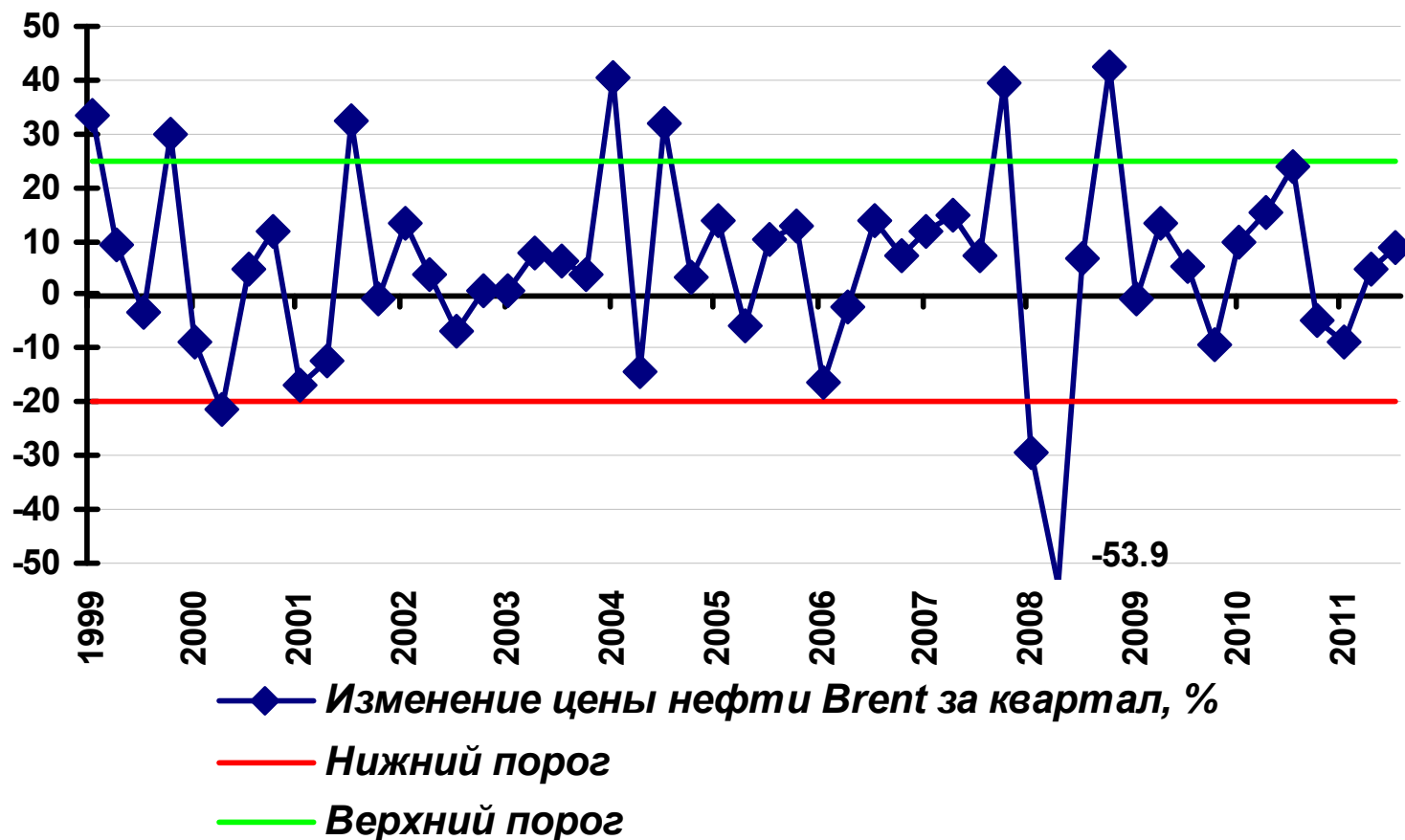
2. Модели прогнозов цены на нефть

Объясняющие переменные	Переменная	Источник
Цена нефти Brent	OIL	Finam.ru
Свободная мощность ОПЕК	SPCAP	EIA
Доля длинных позиций на рынке производных инструментов нефти WTI	LOINTT	CFTC
Прирост промышленного производства в Китае к сппг	CHIP	IMF
Темп прироста ВВП ОЭСР к предыдущему кварталу после снятия сезонности	OECDGPSA	OECD
Индекс потребительской уверенности University of Michigan	USCSI	University of Michigan
Сумма квот ОПЕК	QUOTA	OPEC
Прогноз роста мирового ВВП от МВФ на следующие 12 мес.	YWEO	МВФ

Описание переменных: статистики

	Ед. Изм.	Среднее	Ст. откл.	Кол-во наблюдений
OIL	Долл./бар.	55.7	31.9	52
SPCAP	Млн. бар./сутки	2.8	1.5	48
LOINTT	Нет	0.945	0.023	52
CHIP	%	14.5	3.2	49
OECDGPSA	%	0.47	0.66	53
USCSI	Нет	72.5	23.8	57
QUOTA	Млн. бар./сутки	25.4	2.1	53
YWEO	%	3.75	1.08	53

Бинарная модель изменений цены на нефть: выбор порога



Описание бинарной модели: оценка

- Периодичность данных – 1 квартал
- Спецификация подбиралась отдельно для случаев резкого роста и резкого падения цен на нефть
- Регрессоры для проверки выбирались из того же набора, что и для моделей временных рядов

Описание модели: рост цен

Variable	Coefficient	S. E.	z-Stat	Prob.
C	14.5	6.1	2.4	0.02
OECDGPSA	-1.3	0.3	-3.7	0.00
QUOTA	-0.5	0.2	-2.4	0.02
SPCAP	-0.7	0.3	-2.4	0.01
McFadden R-sq.	0.30	# Dep. var = 0		35
Mean dep. var.	0.22	# Dep. var = 1		10
S.D. dep. var.	0.42	LR-stat		14.19
Akaike info criterion	0.92	Prob (LR –stat)		0.00
Schwarz criterion	1.08	Sample (adjusted): 2001Q1 2012Q1		

Описание модели: падение цен

Variable	Coefficient	S. E.	z-Stat	Prob.
C	-9.9	4.4	-2.3	0.02
OIL/OIL(-4)	6.3	3.0	2.1	0.04
D(CHIP)	-0.3	0.2	-1.7	0.09
OECDGPSA	-1.6	0.9	-1.7	0.08
D(LOINTT)	82.4	31.9	2.6	0.01
McFadden R-sq.	0.49	# Dep. var = 0		42
Mean dep. var.	0.11	# Dep. var = 1		5
S.D. dep. var.	0.31	LR-stat		15.46
Akaike info criterion	0.56	Prob (LR –stat)		0.00
Schwarz criterion	0.76	Sample (adjusted): 2000Q2 2011Q4		

Описание модели: падение цен

Variable	Coefficient	S. E.	z-Stat	Prob.
C	-9.9	4.4	-2.3	0.02
OIL/OIL(-4)	6.3	3.0	2.1	0.04
D(CHIP)	-0.3	0.2	-1.7	0.09
OECDGPSA	-1.6	0.9	-1.7	0.08
D(LOINTT)	82.4	31.9	2.6	0.01

McFadden R-squared **0.49**

Obs with Dep=0 **42**

Obs with Dep=1 **5**

Метод опережающих индикаторов

1. Kaminsky, Reinhart (1999): Выбираются частные опережающие индикаторы для события
2. Выбирается порог сигнала с учетом «окна» опережения – оптимизация по превышению условной вероятности над безусловной (или по отношению шум/сигнал)
3. Трунин, Каменских (2007): Рассчитывается взвешенный по превышению вероятности сводный опережающий индикатор
4. Порог сводного индикатора оптимизируется по превышению вероятности

Метод опережающих индикаторов

- **Сигнальный индикатор рассчитывается отдельно для индикаторов и для главных компонент индикаторов**
 - главные компоненты исключают высокую корреляцию между отдельными индикаторами (например, ожидания д/х и ВВП США)
 - при этом теряется часть информации – три главные компоненты описывают лишь 70% дисперсии

Характеристики опережающих индикаторов – рост цены

	Ед. Изм.	Порог на рост	Безусл. вероятность	Усл. вероятность	Превышение, проц.п.	Шум/сигнал
Изменение цены нефти за предыдущий год	%	-15	0.23	0.50	0.27	0.30
Свободная мощность ОПЕК	мб/д	1.9	0.23	0.38	0.15	0.49
Сальдо спекулятивных позиций на рынке WTI	%	2.8	0.23	0.25	0.02	0.89
Изменение сальдо спекулятивных позиций на рынке WTI	проц. п.	-1.5	0.23	0.24	0.01	0.97
Изменение прироста промышленного производства в Китае, проц. п.	проц. п.	2.4	0.24	0.40	0.16	0.47
Темп прироста ВВП США после снятия сезонности	%	0	0.23	0.16	-0.07	1.52
Индекс потребительской уверенности University of Michigan	Нет	75	0.23	0.24	0.01	0.92
Индекс потребительского доверия в Китае (BCI OECD)	Нет	101.6	0.23	0.29	0.06	0.74

Характеристики опережающих индикаторов – падение цены

	Ед. Изм.	Порог на рост	Безусл. вероят ность	Усл. вероятн ость	Превыш ение, проц.п.	Шум/с игнал
Изменение цены нефти за предыдущий год	%	60	0.10	0.29	0.18	0.29
Свободная мощность ОПЕК	мб/д	0.9	0.07	0.07	0.00	0.95
Сальдо спекулятивных позиций на рынке WTI	%	3.90	0.10	0.20	0.10	0.47
Изменение сальдо спекулятивных позиций на рынке WTI	проц. п.	-0.5	0.10	0.18	0.08	0.52
Изменение прироста промышленного производства в Китае, проц. п.	проц. п.	-1.7	0.11	0.29	0.18	0.30
Темп прироста ВВП США после снятия сезонности	%	0.2	0.07	0.22	0.15	0.26
Индекс потребительской уверенности University of Michigan	Нет	60	0.07	0.33	0.27	0.15
Индекс потребительского доверия в Китае (BCI OECD)	Нет	101	0.07	0.09	0.03	0.71

Характеристики опережающих индикаторов – главные компоненты факторов

	Ед. Изм.	Порог на рост	Безусл. вероятност ь	Усл. вероятно сть	Превыше ние, проц.п.	Шум/сиг нал
Рост						
1ГК	Нет	55	0.23	0.50	0.27	0.30
2ГК	Нет	-20	0.25	0.75	0.50	0.11
3ГК	Нет	40	0.21	0.38	0.17	0.44
Падение						
1ГК	Нет	5	0.10	0.25	0.15	0.35
2ГК	Нет	-40	0.07	0.09	0.02	0.77
3ГК	Нет	7	0.07	0.50	0.43	0.07

Индикаторы качества сигнального прогноза – рост цены

Рост		Probit	Индикаторы	ГК индикаторов
A	Pr(▲, +)	4	2	3
B	Pr(0, +)	2	1	1
C	Pr(▲, –)	6	8	7
D	Pr(0, –)	31	34	37
безусловная вероятность		0.23	0.22	0.21
условная вероятность		0.67	0.67	0.75
превышение, проц.п.		0.43	0.44	0.54
шум/сигнал		0.15	0.14	0.09

▲ - событие роста цены, + - наличие, – - отсутствие сигнала

Индикаторы качества сигнального прогноза – падение цены

Падение		Probit	Индикаторы*	ГК индикаторов*
A	Pr(▼, +)	2	3	3
B	Pr(0, +)	0	7	5
C	Pr(▼, –)	3	2	2
D	Pr(0, –)	42	35	37
безусловная вероятность		0.11	0.11	0.11
условная вероятность		1.00	0.30	0.38
превышение, проц.п.		0.89	0.19	0.27
шум/сигнал		0.00	0.28	0.20

▼ - событие падения цены, + - наличие, – - отсутствие сигнала

* Значения выбирались по принципу оптимума при ограничении на два и больше предсказанных события

Анализ результатов (1)

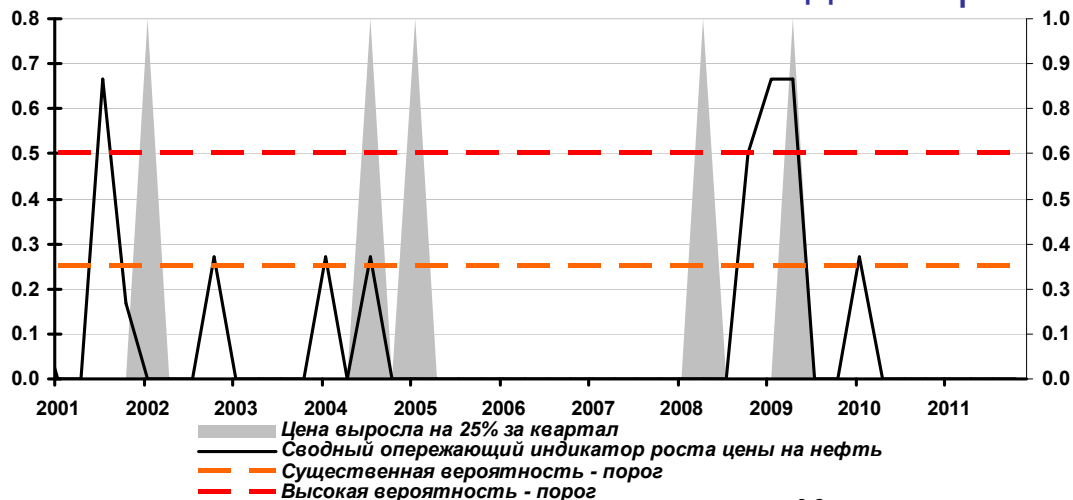
- Построение модели опережающих индикаторов изменений цены на нефть с окном в полгода в принципе возможно
- Показатели качества прогноза для роста и падения цены находятся внутри довольно узкого интервала
- Модель probit для падения цены на нефть демонстрирует «эффект одного события» - падения цен в 2008 г.

Анализ результатов (2)

- Для экспертных целей возможно построение двух порогов индикатора – для отделения пограничных ситуаций
- Такой порог не имеет статистической интерпретации, но полезен практически
- Использование преимуществ метода главных компонент, видимо, требует большего количества частных опережающих индикаторов

Поведение индикаторов резкого роста цены на нефть, %

На основе главных компонент индикаторов

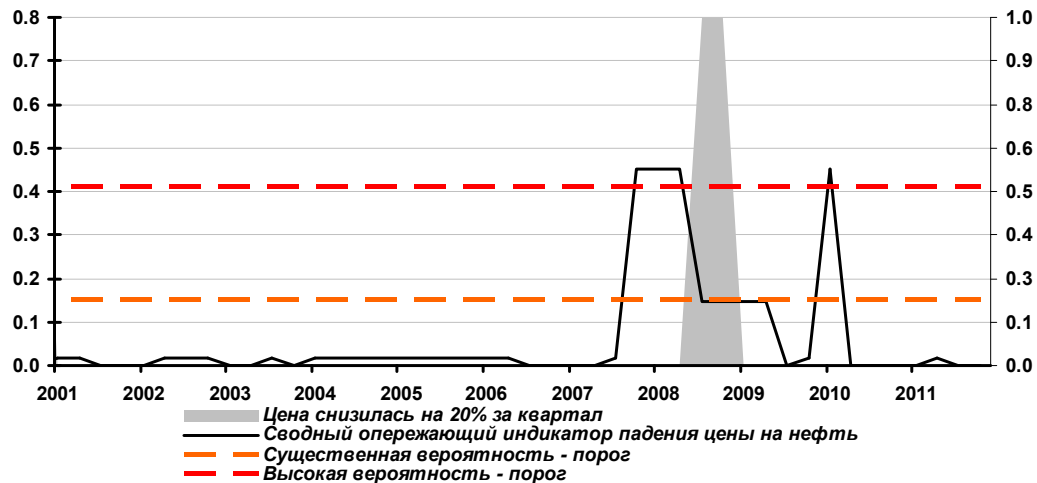


На основе индикаторов

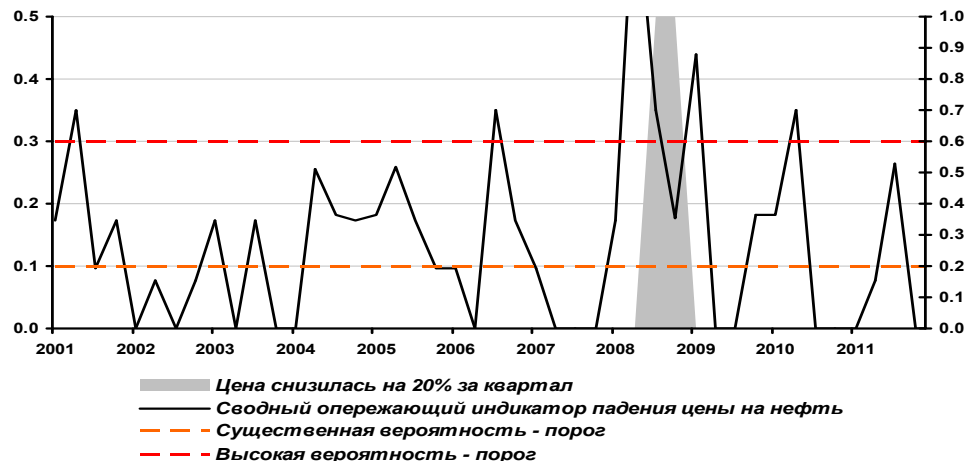


Поведение индикатора резкого падения цены на нефть, %

На основе главных компонент индикаторов



На основе индикаторов



2. Модели прогнозов цены на нефть

Подход временных рядов

- Тест Дики-Фуллера (ADF) для ряда цены на нефть Brent (статистика -1.37) не отвергает гипотезу о наличии единичного корня
- Для первой разности (логарифма) цены гипотеза отвергается на разумном уровне значимости – ряд стационарен в первых разностях
- Методика Бокса-Дженкинса применялась для первой разности логарифма цены на нефть

Подход временных рядов

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.035	0.0029	12.33	0.00
MA(2)	-0.65	0.12	-5.38	0.00
MA(3)	-0.35	0.12	-3.03	0.004
R-squared	0.21	Mean dependent var		0.04
Adjusted R-squared	0.18	S.D. dependent var		0.19
F-statistic	6.55	Durbin-Watson stat		2.20

Подход временных рядов

- **Оценка по методу Бокса-Дженкинса, судя по всему, будет инерционной и не вполне точной**
 - судя по $R^2=0.21$ и преобладанию компонент МА с собственными числами, близкими к 1
- **Может рассматриваться вместе с $I(1)$ как подтверждение слабой информационной эффективности рынка нефти**

Структурный подход

- **Были выбраны две группы факторов:**
 - внутрирыночные, относящиеся в первую очередь к спросу и производству нефти;
 - внерыночные, отражающие биржевой статус нефти и предпочтения инвесторов
- **Для оценки структурной модели было использовано две спецификации:**
 - модель с распределенными лагами факторов для приведенной к разности зависимой переменной
 - модель векторной коррекции ошибками

Структурный подход – простая линейная модель

Dep. Var: D(LOG(OIL)), Sample (adjusted): 2000Q2 2011Q4, HAC cov.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.005	0.018	-0.25	0.804
OECDGPSA	0.093	0.009	10.45	0.000
D(CHIP)	0.039	0.006	6.01	0.000
D(QUOTA(-1))	-0.038	0.012	-3.12	0.003
R-squared	0.47	Mean dependent var		0.03
Adjusted R-squared	0.44	S.D. dependent var		0.19

Структурный подход – модель векторной коррекции ошибками

- Тест Йохансена указал на существование одного коинтеграционного соотношения между нефтью и остальными переменными
- Оценена спецификация модели векторной коррекции ошибками для цены на нефть:

$$\begin{aligned} d(\log(\text{oil})) = & - 0.38 * [\log(\text{oil}(-1)) - 13.99 * \text{lointt}(-1) - \\ & 1.58 * \log(\text{lagquota}(-1)) - 0.02 * @trend(99q1) + 15.05] \\ & + 0.005 * d(\log(\text{oil}(-1))) - 3.99 * d(\text{lointt}(-1)) \\ & + 1.20 * d(\log(\text{lagquota}(-1))) - 0.11 - 0.31 * d(\log(\text{spscap})) \\ & + 0.069 * \text{oecdgpsa} + 0.035 * d(\text{chip}) + 0.032 * \text{yweo} \end{aligned}$$

Структурный подход – модель векторной коррекции ошибками

Коинтеграционное соотношение для LOG(OIL(-1))		S. E.	t-Statistic
LOINTT(-1)	-13.98	4.79	-2.92***
LOG(LAGQUOTA(-1))	-1.58	0.63	-2.48***
@TREND(99Q1)	-0.02	0.01	-3.94***
C	15.05		
Компонента коррекции ошибками:	Уравнение для D(LOG(OIL))		
CointEq1	-0.38	0.12	-3.22***
D(LOG(OIL(-1)))	0.00	0.17	0.03**
D(LOINTT(-1))	-3.99	2.33	-1.71**
D(LOG(LAGQUOTA(-1)))	1.20	0.57	2.11**
C	-0.11	0.09	-1.18
Экзогенные регрессоры:			
D(LOG(SPCAP))	-0.31	0.10	-3.22***
OECDGPSA	0.07	-0.04	1.59*
D(CHIP)	0.04	0.01	3.17***
YWEO	0.03	0.03	1.23
R-squared	0.63	Log likelihood	31.97
Adj. R-squared	0.55	Akaike AIC	-1.07

*** - значимость на уровне 0.01%, ** - 1%, * - 10%.

Структурный подход

- Знаки моделей экономически интерпретируемы
- Выделены коинтеграционные соотношения
- Качество подгонки выше для VEC (возможно, в силу наличия тренда времени)
- Экзогенные регрессоры для VEC и регрессоры для линейной модели прогнозируемы на квартал вперед и более

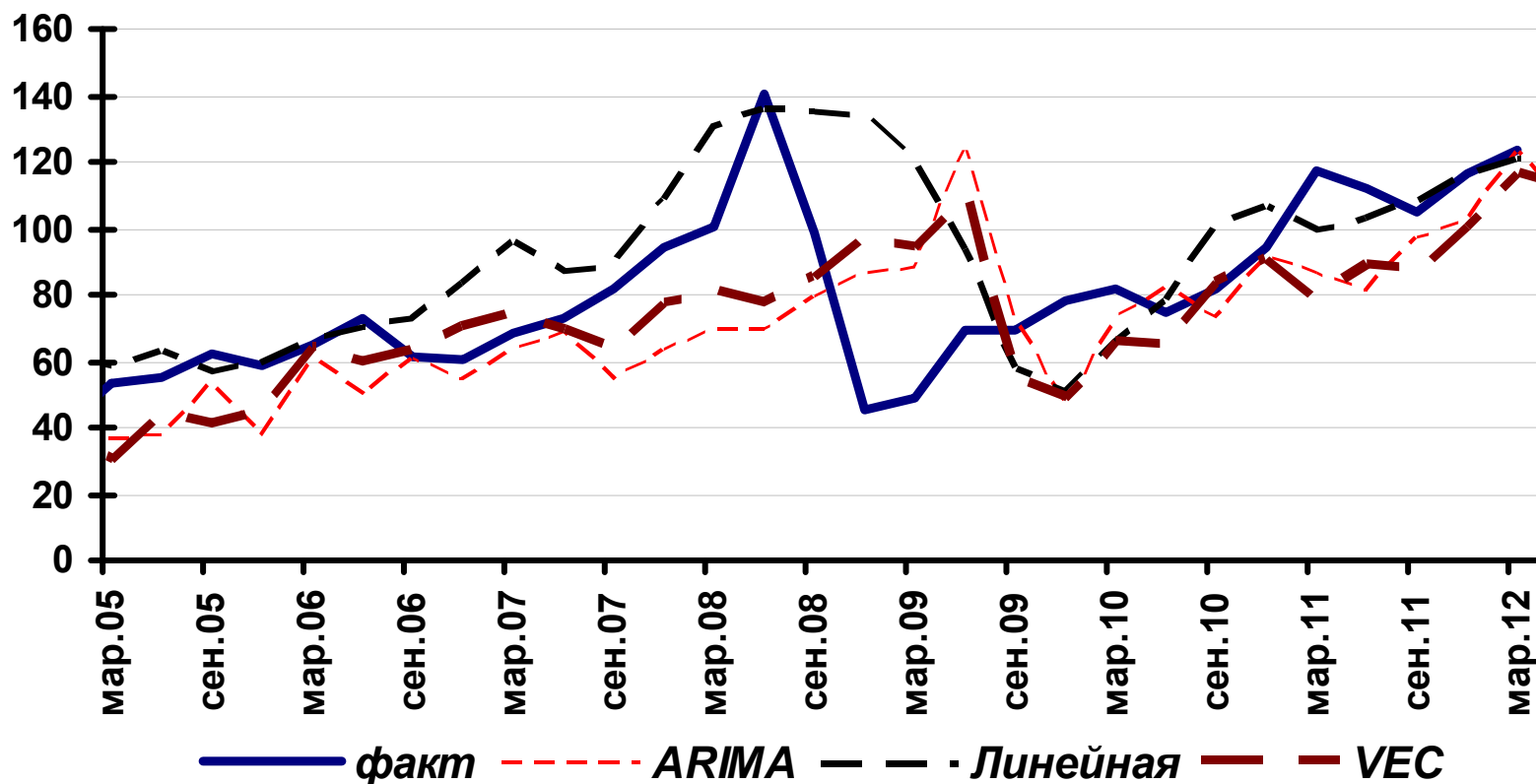
3. Сопоставление прогнозов

Сопоставление результатов (1)

- **Допущения для построения прогнозов цены и бинарных индикаторов:**
 - точный прогноз регрессоров на полгода вперед
 - ожидания регрессоров в будущем в каждый момент времени неизвестны
- **Допущения при сопоставлении:**
 - Сопоставление с прогнозом МВФ допустимо, несмотря на другой горизонт (3 или 5, а не 2 квартала) и другую частоту (год, а не квартал)

Сопоставление результатов (2)

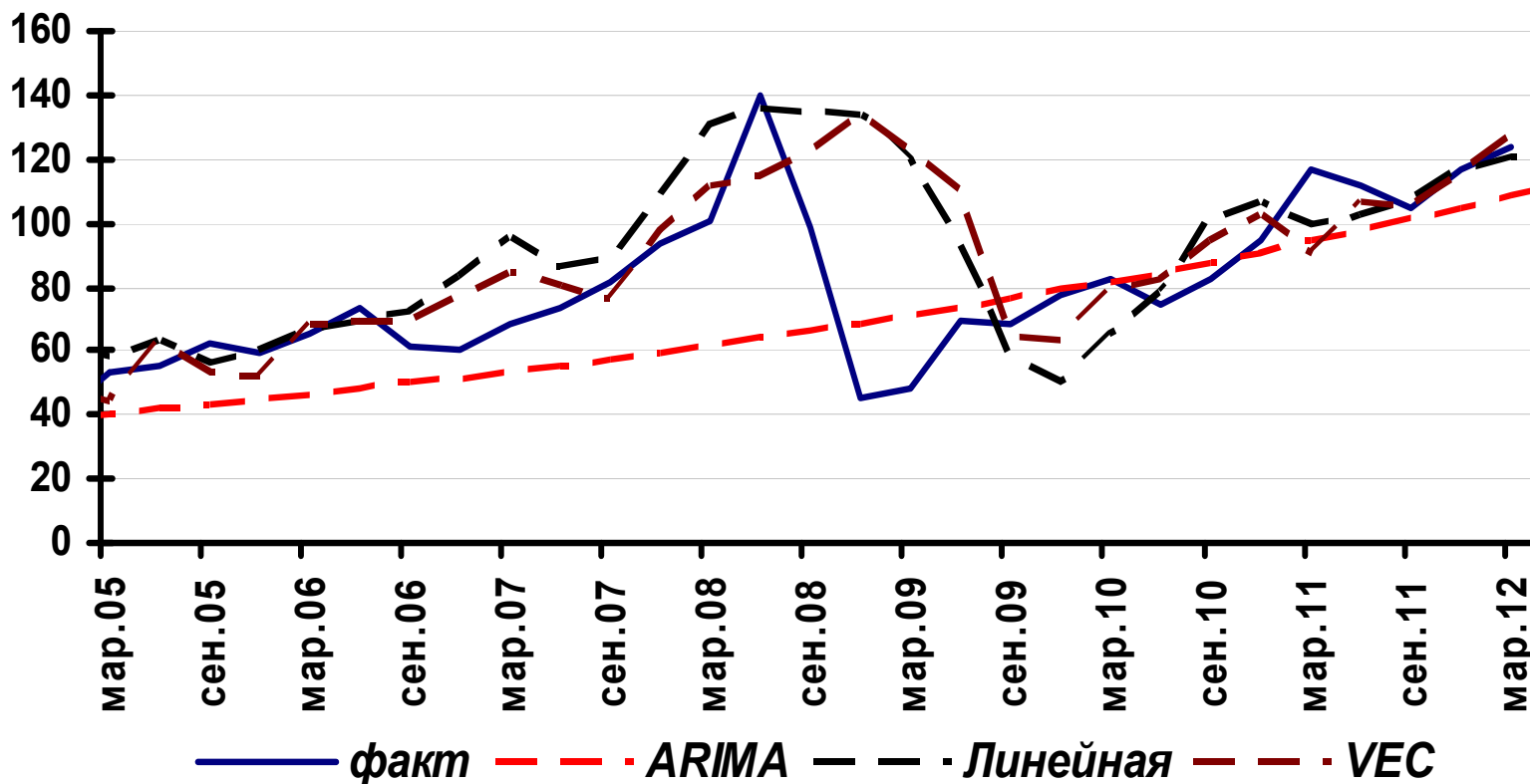
Прогноз цены на один квартал вперед, статический, 2005-2011. *



* Статический прогноз подразумевает, что для каждого прогноза на $t+1$ известны не только регрессоры, но и зависимая переменная на момент t

Сопоставление результатов (3)

Прогноз цены на один квартал вперед, динамический, 2005-2011.*



* Динамический прогноз подразумевает, что для каждого прогноза на $t+1$ известны только регрессоры на момент t . В качестве значения зависимой переменной используется предсказанное моделью значение на момент t

Сопоставление результатов (4)

Меры качества прогнозов цены

	Ср. кв. ошибка прогноза (RMSE)	Мера Тейла	Доля смещения, %	Доля дисперсии, %
ARIMA (0,1,3)	0.17	0.021	0.03	1.66
Простая линейная модель	0.14	0.017	0.00	2.94
VEC	0.11	0.014	0.07	3.53
Прогноз МВФ WEO (осень)	0.27	0.036	11.71	0.16
Прогноз МВФ WEO (весна)	0.16	0.021	25.76	3.01

Сопоставление результатов (5)

- Наилучшими качествами прогноза обладает модель VEC (влияние тренда)
- Довольно успешна и модель ARIMA – еще одно подтверждение информационной эффективности рынка
- Годовая частота прогноза МВФ обуславливает большее смещение и более низкую долю дисперсии в ошибке

Сопоставление результатов (6)

Меры качества прогнозов резкого роста цены

Рост		Probit	Простая линейная модель	VEC	МВФ WEO (весна)
A	Pr(▲, +)	4	2	5	4
B	Pr(0, +)	2	2	5	0
C	Pr(▲, -)	6	8	5	3
D	Pr(0, -)	31	35	33	7
безусловная вероятность		0.23	0.21	0.21	0.50
условная вероятность		0.67	0.50	0.50	1.00
превышение, проц.п.		0.43	0.29	0.29	0.50
шум/сигнал		0.15	0.27	0.26	0.00

▲ - событие роста цены, + - наличие, - - отсутствие сигнала

Сопоставление результатов (7)

Меры качества прогнозов резкого падения цены

Падение		Probit	Простая линейная модель	VEC	МВФ WEO (весна)
A	Pr(▼, +)	2	3	4	2
B	Pr(0, +)	0	0	0	0
C	Pr(▼, -)	3	0	1	0
D	Pr(0, -)	42	42	42	12
безусловная вероятность		0.11	0.07	0.11	0.14
условная вероятность		1.00	1.00	1.00	1.00
превышение, проц.п.		0.89	0.93	0.89	0.86
шум/сигнал		0.00	0.00	0.00	0.00

▼ - событие падения цены, + - наличие, - - отсутствие сигнала

Сопоставление результатов (8)

- Для прогнозирования резкого роста цены на нефть бинарные индикаторы подходят лучше, чем прогнозы цены
- Несмотря на «эффект-2008», для прогнозирования падения цены на нефть лучше подходят модели, а не опережающие индикаторы
- Качества прогноза WEO как индикатора резких изменений гораздо выше, чем как прогноза цены

4. Выводы

- ✓ **Финансовая составляющая рынка нефти существенно влияет на его конъюнктуру, несмотря на наличие информационной эффективности (Kaufmann, 2011)**
-
- ✓ **Прогноз МВФ WEO текущего года, несмотря на более длинный горизонт (3 кв.), имеет впечатляющие качества как сигнальный индикатор резких изменений цены (результат выпуска в апреле)**

- ✓ Модели цены лучше подходят для прогнозирования резкого падения цены на нефть, чем опережающие индикаторы, для роста цены на нефть ситуация обратная

- ✓ Качества прогноза резких изменений цены по методу опережающих индикаторов лучше, чем у модели probit, и для роста, и для падения цены нефти

- ✓ Наилучшие качества прогноза цены продемонстрировала модель VEC, хотя в качестве индикатора резких изменений она непригодна

Подходы в будущем

- ✓ **Оптимизация порога для роста и снижения**
- ✓ **Асимметричная функция потерь для оценки бинарных данных**
 - для падения цены на нефть риск не подать верный сигнал («ошибка I рода») важнее, чем риск подать ложный сигнал («ошибка II рода»)
- ✓ **Анализ фьючерсов**
 - низкая ликвидность на квартальном, тем более – полугодовом горизонте
- ✓ **Спектральный анализ**
 - предполагает отсутствие слабой информационной эффективности нефтяного рынка