

## **Факторы формирования цен на нефть**

**Авторы:**

**Бобылев Ю.Н. - руководитель проекта**

**Приходько С.В.**

**Дробышевский С.М.**

**Тагор С.В.**

**Москва**

**2006**



## Оглавление

Введение.....	3
1 Факторы формирования мировых цен на нефть .....	5
1.1 Факторы формирования мирового спроса на нефть.....	5
1.2 Факторы формирования мирового предложения нефти .....	11
1.3 Влияющие факторы и динамика цен на нефть.....	21
1.4 Перспективы цен на нефть .....	30
1.5 Цены и налоговая политика .....	34
2 ОПЕК и цены на нефть .....	42
2.1 Экономические условия образования картеля .....	42
2.2 Недисциплинированное поведение участников картели .....	45
2.3 Вопрос об участии в картели .....	47
2.4 Выбор модели олигополии для ОПЕК.....	51
2.5 Предложение нефти ОПЕК .....	53
2.6 Влияние ОПЕК на мировые цены на нефть.....	61
3 Способы прогнозирования цен на нефть .....	63
3.1 Структурный подход к анализу мирового рынка нефти .....	63
3.2 Прогнозы цен на нефть, основанные на свойствах временного ряда цен .....	68
3.3 Краткие выводы.....	70
4 Эконометрическая модель спроса на нефть .....	73
4.1 Описание модели.....	73
4.2 Оценка функции спроса на нефть.....	79
4.3 Изучение прогностических свойств модели.....	86
5 Оценка эконометрической модели предложения нефти .....	95
5.1 Предложение нефти странами, не входящими в ОПЕК.....	95
5.2 Предложение нефти странами ОПЕК .....	97
6 Прогнозирование цены на нефть .....	99
6.1 Ретропрогнозы .....	99
6.2 Прогнозы .....	100
Заключение .....	104
Литература .....	108
Приложение 1 .....	112
Приложение 2 .....	113



## Введение

Мировые цены на нефть являются наиболее значимым внешним фактором, определяющим состояние российской экономики, государственного бюджета и платежного баланса страны. Уровень мировых цен на нефть непосредственно влияет на государственные доходы, торговый баланс, развитие нефтегазового сектора и сопряженных отраслей экономики. Большое значение в связи с этим имеет выявление основных влияющих факторов, определяющих формирование мировых цен на нефть, и моделирование ценовой динамики, позволяющее осуществлять прогнозирование мировых цен на нефть. Такие прогнозы являются необходимым элементом оценки условий будущего развития российской экономики и формирования соответствующей этим условиям государственной политики. В связи с этим данная работа посвящена определению основных факторов формирования мировых цен на нефть, моделированию и прогнозированию динамики цен на нефть.

В разделах 1 и 2 данной работы определяются основные факторы формирования мировых цен на нефть. В качестве фундаментальных факторов, определяющих уровень мировых цен на нефть, выделены факторы, формирующие спрос и предложение нефти на мировом рынке. В работе рассматриваются такие факторы, как динамика мировой экономики, структура мирового спроса на нефть, энергоемкость экономики, уровень мировых цен на нефть, относительная конкурентоспособность других видов топлива, геолого-технологические факторы, структурные характеристики мирового производства и экспорта нефти, действия ОПЕК по регулированию объемов добычи нефти и влиянию на уровень мировых цен на нефть, политика других нефтедобывающих государств в отношении нефтяного сектора.

Разделы 3-6 посвящены моделированию и прогнозированию мировых цен на нефть. В данных разделах рассмотрены основные модели мирового рынка нефти и способы прогнозирования цен на нефть, описаны разработанные в ходе исследования эконометрические модели спроса и предложения нефти, выполнен долгосрочный прогноз мировой цены на нефть.

В работе предлагается метод долгосрочного прогнозирования цен на нефть, основанный на структурном подходе. При этом отдельно моделируется мировой спрос на нефть, предложение нефти странами ОПЕК и предложение нефти странами, не

## Факторы формирования цен на нефть

входящими в ОПЕК. При моделировании спроса на нефть учитывается развитие нефтесберегающих технологий.

Результаты работы могут служить аналитической основой для прогнозирования мировых цен на нефть с целью оценки влияния их изменения на состояние российской экономики и государственного бюджета, а также для выработки государственной социально-экономической политики, соответствующей условиям будущего развития.

Работа выполнена в Институте экономики переходного периода в рамках проекта, финансируемого Агентством по международному развитию США.



## 1 Факторы формирования мировых цен на нефть

Мировые цены на нефть определяются соотношением спроса и предложения нефти на мировом рынке в конкретный момент времени и, соответственно, теми факторами, которые формируют данный спрос и предложение. Спрос на нефть определяется прежде всего темпами роста мировой экономики, а также рядом других факторов, к числу которых относятся структурные характеристики спроса на нефть, энергоемкость и нефтеемкость экономики, климатические (погодные) условия, уровень эффективности энергопотребляющих технологий и относительная конкурентоспособность других видов топлива. Предложение нефти на мировом рынке определяется мировым спросом, геолого-технологическими факторами, структурными характеристиками мирового производства и экспорта нефти, политикой нефтедобывающих государств, а также рядом других факторов, включая факторы случайного характера, такие как военные действия в регионах добычи нефти. Мировые цены на нефть, формируясь под воздействием мирового спроса и предложения, оказывают обратное воздействие как на глобальный спрос, так и на предложение нефти. Чрезвычайно высокие нефтяные цены сдерживают спрос и стимулируют замещение нефти другими видами топлива. Одновременно высокие цены стимулируют увеличение производства нефти в регионах с относительно высокими издержками добычи. В результате такого ограничения спроса и расширения предложения создаются предпосылки для снижения мировых цен на нефть. При низких ценах на нефть, наоборот, стимулируется спрос и сокращается предложение (в результате свертывания добычи и инвестиций в высокочрезвычайно затратных регионах). Как результат, создаются предпосылки для последующего роста нефтяных цен.

### 1.1 Факторы формирования мирового спроса на нефть

Основным фактором, формирующим мировой спрос на нефть, является рост мировой экономики. Данный фактор в последние десятилетия обусловил устойчивое повышение мирового спроса на нефть. Так, в период 1991–2005 гг., то есть в последние 15 лет, рост мирового ВВП на 1% сопровождался увеличением мирового потребления нефти в среднем на 0,37%. Показатели мирового спроса, мировых цен на нефть и мировой экономической динамики приведены в табл. 1.1.1. Снижение темпов роста мировой экономики неизменно приводит к падению мировых цен на нефть. Так, при

## Факторы формирования цен на нефть

темпах роста мирового ВВП менее 3% в год (такая ситуация имела место в 1991, 1993, 1998 и 2001 гг.) мировые цены на нефть неизменно падали, причем их годовое снижение превышало 10%.

Таблица 1.1.1

### Мировой спрос на нефть и динамика мировой экономики в 1990–2005 гг.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Мировой спрос на нефть, млн барр. в сутки (EIA)	65,7	66,6	66,8	67,0	68,3	69,9
Мировой спрос на нефть, изменение в % к предыдущему году	-0,3	1,4	0,3	0,3	1,9	2,3
Средняя мировая цена на нефть, долл./барр. (IMF)	22,99	19,37	19,04	16,79	15,95	17,20
Средняя мировая цена на нефть, изменение в % к предыдущему году	28,4	-15,7	-1,7	-11,8	-5,0	7,8
Темпы роста мировой экономики, % (IMF)	3,3	2,7	3,3	2,9	4,7	4,0

Продолжение таблицы 1.1.1

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Мировой спрос на нефть, млн барр. в сутки (EIA)	71,4	72,9	73,6	75,0	76,9	77,1
Мировой спрос на нефть, изменение в % к предыдущему году	2,1	2,1	1,0	1,9	2,5	0,3
Средняя мировая цена на нефть, долл./барр. (IMF)	20,37	19,27	13,07	18,14	28,24	24,33
Средняя мировая цена на нефть, изменение в % к предыдущему году	18,4	-5,4	-32,2	38,8	55,7	-13,8
Темпы роста мировой экономики, % (IMF)	4,4	4,1	2,3	3,9	4,7	2,4

Окончание таблицы 1.1.1

	2002	2003	2004	2005
Мировой спрос на нефть, млн барр. в сутки (EIA)	77,6	79,7	82,5	83,6
Мировой спрос на нефть, изменение в % к предыдущему году	0,6	2,7	3,5	1,3
Средняя мировая цена на нефть, долл./барр. (IMF)	24,95	28,89	37,76	53,40
Средняя мировая цена на нефть, изменение в % к предыдущему году	2,5	15,8	30,7	41,4
Темпы роста мировой экономики, % (IMF)	3,0	3,9	5,0	4,6

Источник: DOE/EIA, IMF.

Ведущую роль в формировании мирового спроса на нефть играют промышленно развитые страны. В 2005 г. на страны ОЭСР приходилось 59,2% мирового потребления нефти.

В региональном отношении можно выделить три доминирующих центра мирового потребления нефти: Северная Америка, прежде всего США, Западная Европа и Азиатско-Тихоокеанский регион, прежде всего Китай и Япония. Ведущую роль в формировании мирового спроса на нефть играет Северная Америка, на которую



## Факторы формирования цен на нефть

приходится 29,5% мирового потребления нефти (табл. 1.1.2). При этом 24,6% мирового потребления приходится на США.

На Европу (без стран на территории бывшего СССР) приходится 20,2% мирового потребления, в том числе 18,3% – на страны ЕС. Среди стран ЕС основная часть потребления нефти (более 90%) приходится на 15 стран, входивших в эту организацию до присоединения 10 новых членов в 2004 г., а на пять наиболее крупных стран ЕС (Германию, Францию, Великобританию, Италию и Испанию) приходится более 2/3 потребления нефти странами ЕС.

Третьим крупным центром мирового потребления являются страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Крупнейшим азиатским потребителем нефти является Китай, на который приходится 8,9% мирового потребления (включая Гонконг). Развитие экономики Китая характеризуется чрезвычайно быстрым ростом спроса на нефть. В результате в последние годы Китай вышел на первое место в регионе по потреблению нефти. Крупными потребителями являются также Япония (6,4% мирового потребления) и Южная Корея (2,7%).

Таблица 1.1.2

### Структура мирового потребления нефти в 2000–2005 гг.

	2000 млн т	2000 %	2005 млн т	2005 %
<b>Мир, всего</b>	3538,7	100,0	3836,8	100,0
Северная Америка	1071,4	30,3	1132,6	29,5
Южная и Центральная Америка	218,1	6,2	223,3	5,8
Европа и Евразия*	929,5	26,3	963,3	25,1
Средний Восток	220,0	6,2	271,3	7,1
Африка	116,5	3,3	129,3	3,4
Азиатско-Тихоокеанский регион	983,2	27,8	1116,9	29,1
<b>Справочно:</b>				
ОЭСР	2200,1	62,2	2270,7	59,2
США	897,6	25,4	944,6	24,6
ЕС (25)	682,8	19,3	700,4	18,3
Германия	129,8	3,7	121,5	3,2
Япония	255,5	7,2	244,2	6,4
Китай	230,1	6,5	327,3	8,5
Индия	106,1	3,0	115,7	3,0
Южная Корея	103,2	2,9	105,5	2,7
РФ	123,5	3,5	130,0	3,4
Бывший СССР	172,8	4,9	186,3	4,9

\* Европа, включая Турцию, и страны на территории бывшего СССР.  
Источник: British Petroleum (BP).

На ведущие промышленно развитые страны – США, страны ЕС и Японию – приходится 49,3% мирового потребления нефти. В то же время все большую роль в формировании мирового спроса на нефть начинают играть азиатские страны, не входящие в ОЭСР, прежде всего Китай. Как показывает анализ динамики мирового



## Факторы формирования цен на нефть

потребления нефти, именно эти страны в последние годы обеспечили большую часть прироста мирового потребления. В целом прирост потребления нефти в странах Азиатско-Тихоокеанского региона за 2001–2005 гг., то есть за последние пять лет, составил 45% прироста мирового потребления, при этом 33% прироста мирового потребления обеспечил Китай (табл. 1.1.3).

Таблица 1.1.3

### Прирост потребления нефти по регионам мира в 2001–2005 гг.

	Млн т	%
<b>Мир, всего</b>	298,1	100,0
Северная Америка	61,2	20,5
Южная и Центральная Америка	5,2	1,7
Европа и Евразия	33,8	11,3
Средний Восток	51,3	17,2
Африка	12,8	4,3
Азиатско-Тихоокеанский регион	133,7	44,9
В том числе:		
Китай	97,2	32,6
Индия	9,6	3,2

Источник: ВР.

Анализ динамики и структуры потребления нефтепродуктов в странах ОЭСР в последние десятилетия показывает, что наиболее быстрыми темпами росло потребление нефтепродуктов автомобильным и авиационным транспортом, а также химической и нефтехимической промышленностью. В результате потребление нефтепродуктов на транспорте в странах ОЭСР возросло с 747,1 млн т в 1980 г. до 1152,4 млн т в 2002 г., или на 54,2%, а удельный вес транспорта в общем потреблении повысился с 39,0 до 54,0% (в том числе автомобильного транспорта – с 31,7 до 45,3%). Потребление нефти химической и нефтехимической промышленностью, где она используется главным образом в качестве сырья, в 2002 г. достигло 11,1% общего потребления. Увеличилось также потребление нефтепродуктов в строительстве и сельском хозяйстве.

В то же время как в абсолютном, так и в относительном выражении значительно сократилось потребление нефтепродуктов на преобразование в другие виды энергии – выработку электрической и тепловой энергии на электростанциях и автономными генераторами. Потребление нефтепродуктов в секторе преобразования и энергетики стран ОЭСР сократилось с 376,3 млн т в 1980 г. до 272,6 млн т в 2002 г., или на 27,6%, а удельный вес сектора в потреблении снизился за этот период с 19,6 до 12,8%. При этом потребление топочного мазута в данном секторе сократилось более чем в 2 раза, а его удельный вес снизился с 13,0 до 5,7% общего потребления нефтепродуктов. Также





## Факторы формирования цен на нефть

уменьшилось потребление нефтепродуктов в промышленности, на железнодорожном транспорте, в жилом секторе и секторе услуг.

Еще более наглядно роль ведущих промышленно развитых стран в формировании мирового спроса на нефть может быть проиллюстрирована данными о структуре мирового импорта нефти (табл. 1.1.4). Как видно из приведенных данных, на США, Европу (без стран на территории бывшего СССР) и Японию в 2005 г. приходилось 65,6% мирового импорта нефти, в том числе на США – 26,6%. При этом следует отметить, что в условиях снижения собственной добычи нефти зависимость США от ее импорта постоянно растет. По данным Министерства энергетики США, удельный вес чистого импорта нефти и нефтепродуктов в покрытии спроса на нефть в США увеличился с 42% в 1990 г. до 57,7% в 2004 г. Удельный вес чистого импорта в покрытии спроса на нефть в Европе составляет около 60%, в Японии – 100%. В результате цены на нефть на мировом рынке существенным образом зависят от колебаний спроса на нефть в ведущих промышленно развитых странах, прежде всего в США. В последние годы быстро растет импорт нефти Китаем, где за счет него в настоящее время покрывается около 40% потребности в нефти.

Таблица 1.1.4

### Структура мирового импорта нефти в 2005 г.

	Импорт нефти, млн т	Импорт нефти, %
Мир, всего	1885,2	100,0
США	500,7	26,6
Европа*	524,7	27,8
Япония	210,4	11,2
Китай	127,1	6,7
Остальные страны	522,3	27,7

\* Без стран на территории бывшего СССР.

Источник: ВР.

Существенное влияние на мировой спрос на нефть оказывает энергоемкость мировой экономики, то есть потребление энергии на единицу ВВП. Энергоемкость экономики зависит от ее структуры и уровня энергоэффективности. Рост доли неэнергоемких отраслей и повышение эффективности энергопотребляющих технологий ведут к снижению энергоемкости экономики. По мере развития экономики снижается также ее нефтеемкость, то есть потребление нефти на единицу ВВП. Так, как показывают расчеты, за период 1990-2002 гг. нефтеемкость мирового ВВП снизилась с 0,73 до 0,60 барр./тыс.долл. (в долл. 2000 г.).

Потребление нефти на душу населения определяется уровнем экономического развития страны, структурой ее экономики, уровнем жизни населения, а также



## Факторы формирования цен на нефть

наличием собственных ресурсов нефти. В развитых странах уровень душевого потребления нефти значительно выше, чем в переходных и формирующихся экономиках. Если в странах с развитой рыночной экономикой душевое потребление нефти в 2002 г. составляло в среднем 16,6 барр./чел., то в странах с формирующейся экономикой – лишь 2,1 барр./чел., или 13% уровня развитых стран.

Наиболее высокий уровень душевого потребления нефти в мире имеют США (24,9 барр./чел. в 2002 г.). Канада, располагающая значительными собственными ресурсами нефти, также имеет весьма высокий уровень ее душевого потребления (24,7 барр./чел.). Душевое потребление нефти в России в настоящее время составляет 40% от среднего уровня развитых стран и 27% от уровня США. В Китае душевое потребление нефти быстро растет, однако остается еще на низком уровне (9% от среднего уровня развитых стран).

Существенное влияние на мировой спрос оказывает уровень мировых цен на нефть. Высокие цены на нефть сдерживают потребление и повышают конкурентоспособность по отношению к нефти других видов топлива, прежде всего газа, что ведет к замещению нефти другими видами топлива (например, природным газом при выработке электрической и тепловой энергии). В результате происходит относительное снижение спроса на нефть. Низкие цены на нефть оказывают противоположное действие.

Значительное влияние на спрос оказывают климатические (погодные) условия, прежде всего относительная температура воздуха в отопительный период в Северном полушарии. Более низкая температура в отопительный период по сравнению со среднемноголетней ведет к относительному повышению мирового спроса на нефть (за счет увеличения потребности в нефтепродуктах на отопление). В теплые зимы, напротив, спрос на нефть относительно ниже.

Составным компонентом мирового спроса на нефть являются промышленные запасы нефти (запасы нефти в хранилищах), необходимые для обеспечения нормального функционирования системы реализации и переработки нефти. Высокий уровень данных запасов (обычно относительно диапазона изменения данного показателя за предыдущие пять лет) свидетельствует об ослаблении мирового спроса на нефть и является фактором, действующим в сторону стабилизации или снижения мировых цен. Пониженный уровень запасов, наоборот, свидетельствует о высоком спросе на нефть (или об относительно недостаточном предложении) и является



## Факторы формирования цен на нефть

индикатором неудовлетворенного спроса (по крайней мере, на данном сегменте рынка) и возможной положительной динамики мировых цен на нефть.

Часть произведенной нефти сосредотачивается в специальных резервах крупных промышленно развитых стран, предназначенных для обеспечения стабильности поставок нефти (и соответственно мировых цен на нефть) в случаях непредвиденного резкого сокращения данных поставок (например, в результате военных действий в регионах добычи нефти или ограничения поставок нефти странами-экспортерами по политическим причинам). В связи с этим решения нефтеимпортирующих государств о пополнении данных резервов (прежде всего Стратегического нефтяного резерва США) относительно повышают мировой спрос на нефть и могут положительно влиять на динамику мировых цен. В то же время реализация государствами в кризисные периоды части нефтяных резервов на рынке может увеличить предложение и способствовать снижению мировых цен.

Определенное влияние на спрос оказывает и налоговая политика государств, прежде всего суммарный уровень налогов на нефтепродукты. Высокий уровень налогов повышает цену реализации нефтепродуктов, то есть действует на спрос так же, как высокие цены на нефть. В некоторых странах Западной Европы доля налогов, например, в цене автомобильного бензина достигает 70–75%. В Японии действуют 9 налогов на автовладельцев, которые налагаются на приобретение, владение и эксплуатацию автомобилей. Эти налоги нацелены на уменьшение нефтяного импорта и обеспечение государственных расходов на инфраструктурные проекты, такие как поддержание и строительство автодорог.

На спрос могут влиять также различные факторы случайного характера. Например, возможность военных действий в важных регионах нефтедобычи может приводить к ажиотажному спросу на нефть с целью пополнения ее коммерческих запасов, которые могут быть использованы в случае сокращения нефтяных поставок.

### 1.2 Факторы формирования мирового предложения нефти

Предложение нефти на мировом рынке определяется спросом на нефтепродукты и соответственно теми факторами, которые формируют данный спрос. В то же время на объемы предложения (добычи) нефти влияют геолого-технологические факторы, отражающие размеры и геологические характеристики разрабатываемых и разведанных месторождений, государственная политика нефтедобывающих стран в отношении нефтяного сектора, прежде всего политика стран – членов ОПЕК, уровень мировых цен



## Факторы формирования цен на нефть

на нефть, а также ряд факторов случайного характера, таких как военные действия в регионах добычи нефти, ураганы, забастовки, международные санкции и др.

Геолого-технологические факторы отражают состояние, количественные и качественные характеристики располагаемых геологических запасов нефти и существующие технологические возможности их извлечения (добычи). Доказанными считаются геологические запасы, которые можно извлечь при имеющейся технологии в данных экономических условиях. Технический прогресс меняет границы объективных геологических ограничений, так как ведет к расширению технологических возможностей извлечения запасов. Так, благодаря применению новых технологий, не использовавшихся ранее в мировой нефтяной промышленности, были освоены крупные нефтяные месторождения Северного моря.

Доказанные мировые запасы нефти в настоящее время составляют 163,6 млрд т и в целом позволяют обеспечить как текущий, так и перспективный мировой спрос на нефть (обеспеченность текущей мировой добычи нефти доказанными запасами в настоящее время составляет 40,6 года). В то же время географическое распределение запасов нефти крайне неравномерно. Страны – члены ОПЕК контролируют три четверти (75,2% в 2005 г.) доказанных мировых запасов нефти. Более 60% доказанных мировых запасов нефти (61,9% в 2005 г.) сосредоточено в странах Среднего Востока (регион Персидского залива). При этом 22% мировых запасов нефти приходится на Саудовскую Аравию (табл. 1.2.1). На страны ОЭСР приходится лишь 6,7% мировых запасов нефти. В России, по зарубежным данным, доказанные запасы нефти составляют 10,2 млрд т, что составляет 60,7% запасов нефти стран на территории бывшего СССР и 6,2% мировых запасов.

Таблица 1.2.1

### Распределение мировых запасов нефти\* в 2000–2005 гг.

	2000, млрд барр.	2000, %	2005, млрд барр.	2005, %	2004, млрд т
<b>Мир, всего</b>	<b>1046,4</b>	<b>100,0</b>	<b>1200,7</b>	<b>100,0</b>	<b>163,6</b>
Саудовская Аравия	261,7	25,0	264,2	22,0	36,3
Иран	89,7	8,6	137,5	11,5	18,9
Ирак	112,5	10,8	115,0	9,6	15,5
Кувейт	96,5	9,2	101,5	8,5	14,0
ОАЭ	97,8	9,3	97,8	8,1	13,0
Венесуэла	76,9	7,3	79,7	6,6	11,5
Другие страны ОПЕК	79,3	7,6	106,7	8,9	14,0
Российская Федерация	48,6	4,6	74,4	6,2	10,2
Остальные страны	183,4	17,5	223,9	18,6	30,2
<b>Справочно:</b>					
ОПЕК	814,4	77,8	902,4	75,2	123,2
Страны ОЭСР	84,8	8,1	80,6	6,7	10,6



## Факторы формирования цен на нефть

	2000, млрд барр.	2000, %	2005, млрд барр.	2005, %	2004, млрд т
США	29,7	2,8	29,3	2,4	3,6
Норвегия	9,4	0,9	9,7	0,8	1,3
Великобритания	5,0	0,5	4,0	0,3	0,5
Бывший СССР	65,3	6,4	122,9	10,2	16,8

\* Доказанные запасы нефти.

Источник: BP, Oil&Gas Journal.

Обеспеченность текущей добычи нефти доказанными запасами в России составляет 21 год. Данный показатель заметно уступает показателям ведущих стран ОПЕК (например, в Саудовской Аравии обеспеченность запасами достигает 66 лет, в Кувейте – 105 лет). Однако по сравнению с другими нефтедобывающими промышленно развитыми странами российский уровень обеспеченности запасами нефти является достаточно высоким (табл. 1.2.2). В принципе, российский уровень обеспеченности запасами может рассматриваться как нормальный для рыночной экономики. Например, в США на протяжении последних нескольких десятилетий обеспеченность запасами поддерживается на уровне 10–11 лет. В Канаде данный показатель в настоящее время составляет 15 лет, в Норвегии и Великобритании – 6–9 лет.

Таблица 1.2.2

### Обеспеченность запасами нефти, 2005 г.

	Обеспеченность, лет
<b>Мир, всего</b>	<b>40,6</b>
Саудовская Аравия	65,6
Иран	93,0
Ирак	173,1
ОАЭ	97,4
Кувейт	105,2
Венесуэла	72,6
ОПЕК	73,1
Российская Федерация	21,4
Страны ОЭСР	11,2
США	11,8
Канада	14,8
Норвегия	8,9
Великобритания	6,1

Источник: BP.

Важное значение с точки зрения возможностей предложения (производства) нефти имеет качественная неоднородность мировых нефтяных запасов, обуславливающая существенные различия в уровне удельных затрат на добычу нефти. Например, чрезвычайно низки издержки добычи нефти в большинстве стран ОПЕК, прежде всего в регионе Персидского залива, и весьма высоки – в США и Западной Европе (на месторождениях Северного моря). Соответственно, возможности



## Факторы формирования цен на нефть

расширения предложения (производства) нефти в различных регионах крайне неодинаковы. Например, при низком уровне мировых цен на нефть возможности расширения добычи нефти в высокочрезвычайно затратных регионах резко сокращаются.

Мировое производство нефти следует за растущим спросом и в последние годы устойчиво растет. Снижение мировой добычи нефти имело место лишь в 1999 г. как результат действий ОПЕК по сокращению добычи нефти, а также снижения инвестиций в отрасль в других регионах в условиях падения мировых цен на нефть в 1998 г. Региональная структура добычи нефти характеризуется данными, приведенными в табл. 1.2.3. В настоящее время 41,7% мировой добычи нефти приходится на страны ОПЕК, в первую очередь на страны Среднего Востока. На страны ОЭСР приходится 23,8% мировой добычи нефти. Крупнейшими мировыми производителями нефти являются Саудовская Аравия, Россия и США. В 2005 г. на них приходилось соответственно 13,5, 12,1 и 8,0% мировой добычи нефти (табл. 1.2.4).

Таблица 1.2.3

### Структура мирового производства нефти в 2000–2005 гг.

	2000 млн т	2000 %	2005 млн т	2005 %
<b>Мир, всего</b>	<b>3614,0</b>	<b>100,0</b>	<b>3895,0</b>	<b>100,0</b>
Северная Америка	650,8	18,0	642,5	16,5
Южная и Центральная Америка	349,6	9,7	350,6	9,0
Европа и Евразия	724,8	20,1	845,0	21,7
Средний Восток	1132,8	31,3	1208,1	31,0
Африка	373,6	10,3	467,1	12,0
Азиатско-Тихоокеанский регион	382,6	10,6	381,7	9,8
<b>Справочно:</b>				
ОПЕК	1519,0	42,0	1625,5	41,7
ОЭСР	1011,2	28,0	927,7	23,8
Бывший СССР	393,3	10,9	577,4	14,8

Источник: ВР.

Таблица 1.2.4

### Производство нефти 10 крупнейшими странами-производителями и их доля в мировой добыче нефти в 2000–2005 гг.

	2000 млн т	2000 %	2005 млн т	2005 %
Саудовская Аравия*	457,6	12,7	526,2	13,5
Российская Федерация	323,3	8,9	470,0	12,1
США	352,6	9,8	310,2	8,0
Иран*	189,4	5,2	200,4	5,1
Мексика	171,2	4,7	187,1	4,8
Китай	162,6	4,5	180,8	4,6
Венесуэла*	171,6	4,7	154,7	4,0
Канада	126,9	3,5	145,2	3,7
Норвегия	160,2	4,4	138,2	3,5
ОАЭ*	117,3	3,2	129,0	3,3

\*Член ОПЕК.



## Факторы формирования цен на нефть

Источник: ВР.

Как показывает анализ динамики мирового производства нефти, ведущая роль в увеличении мировой добычи в последние годы принадлежит странам на территории бывшего СССР, прежде всего России. Именно они обеспечили значительный рост добычи нефти в регионе Европы и Евразии в 2001–2005 гг. Достаточно значительные приросты добычи были достигнуты в Африке и на Среднем Востоке, незначительный прирост имел место в Южной Америке. В других регионах наблюдалось снижение добычи нефти, связанное главным образом с природно-геологическими факторами (табл. 1.2.5). В целом по странам ОЭСР в последние годы наблюдается устойчивое снижение добычи нефти.

Таблица 1.2.5

### Прирост производства нефти по регионам мира в 2001–2005 гг., млн т

	Прирост производства
<b>Мир, всего</b>	281,0
Северная Америка	-8,3
Южная и Центральная Америка	1,0
Европа и Евразия	120,2
Средний Восток	75,3
Африка	93,5
Азиатско-Тихоокеанский регион	-0,9

Источник: ВР.

Наибольший прирост добычи нефти в 2001-2005 гг. наблюдался в России, где за последние 5 лет добыча нефти увеличилась на 45%. В результате удельный вес России в мировой добыче нефти повысился с 8,9% в 2000 г. до 12,1% в 2005 г. Значительное увеличение добычи нефти в последние годы наблюдалось также в Саудовской Аравии, Канаде, Китае и Мексике (табл. 1.2.6). В США, Норвегии и Великобритании добыча нефти снижалась.

Таблица 1.2.6

### Прирост производства нефти по основным странам-производителям в 2001–2005 гг., млн т

	Прирост производства
Саудовская Аравия	68,6
Российская Федерация	146,7
США	-42,4
Иран	11,0
Мексика	15,9
Китай	18,2
Венесуэла	-16,9
Норвегия	-22,0
Канада	18,3
ОАЭ	11,7

Источник: ВР.



## Факторы формирования цен на нефть

Важно заметить, что большая часть нефти, добываемой странами ОПЕК, экспортируется (например, Саудовская Аравия экспортирует более 85% производимой нефти), тогда как в ряде других стран, например в США, добываемая нефть либо полностью, либо преимущественно поставляется на внутренний рынок. Поэтому доля стран ОПЕК на мировом нефтяном рынке, то есть в мировом нефтяном экспорте, значительно выше, чем их доля в мировом производстве. В настоящее время доля стран ОПЕК в мировом экспорте нефти превышает 50%, что позволяет ОПЕК определенным образом влиять на формирование мировых цен на нефть. Данные по структуре мирового экспорта нефти представлены в табл. 1.2.8. Как видно из приведенных данных, ведущую роль в поставках нефти на мировой рынок играют страны Среднего Востока, на которые приходится 46% мирового экспорта нефти. Российские поставки нефти за пределы стран на территории бывшего СССР составляют примерно 11,5% мирового экспорта нефти.

Таблица 1.2.8

### Структура мирового экспорта нефти в 2005 г.

	Экспорт нефти, млн т	Экспорт нефти, %
<b>Мир, всего</b>	1885,2	100,0
Канада	81,8	4,3
Мексика	97,4	5,2
Южная и Центральная Америка	109,6	5,8
Европа	38,1	2,0
Бывший СССР	267,6	14,2
Средний Восток	862,9	45,8
Северная Африка	122,6	6,5
Западная Африка	208,7	11,1
АТР	60,2	3,2
Остальные страны	36,3	1,9

Источник: ВР.

Существенное влияние на объемы производства нефти оказывает государственная политика нефтедобывающих стран в отношении нефтегазового сектора, в частности, политика регулирования объемов добычи, политика лицензирования, налоговая политика, политика в отношении доступа к экологически уязвимым районам, перспективным на нефть и газ.

В странах ОПЕК, добыча нефти в которых осуществляется государственными компаниями, государства непосредственно определяют текущие объемы производства нефти компаниями своих стран исходя из согласованных на межгосударственном уровне квот добычи. Государственная политика в этом случае фактически является





## Факторы формирования цен на нефть

основным фактором, определяющим текущий уровень производства нефти в стране и поставок нефти на мировой рынок.

Страны ОПЕК, на которые в настоящее время приходится 42% мировой добычи нефти, 51% мирового экспорта нефти и 75% мировых доказанных запасов нефти, способны оказывать существенное влияние на мировой рынок нефти. ОПЕК осуществляет регулирование объемов добычи нефти странами – членами организации с целью поддержания желаемого уровня мировых цен на нефть. В результате в последние десятилетия существенно менялись как объемы добычи нефти странами ОПЕК, так и их доля в мировой добыче нефти (табл. 1.2.9).

Таблица 1.2.9

### Доля стран ОПЕК в мировой добыче и экспорте нефти в 1970–2004 гг., %

	1970	1973	1980	1990	2000	2004
Доля ОПЕК в мировой добыче нефти	50,8	55,0	44,6	38,3	42,8	41,6
Доля ОПЕК в мировом экспорте нефти	85,8	86,1	75,6	58,8	52,9	50,6

Источник: DOE/EIA, ОПЕК.

Почти 70% суммарной добычи нефти странами ОПЕК приходится на страны региона Персидского залива. Ведущую роль среди них играют Саудовская Аравия (32,4% суммарного производства нефти странами ОПЕК в 2005 г.) и Иран (12,3%). На Ирак квоты ОПЕК в последние годы не распространялись. Добыча нефти в этой стране долгое время ограничивалась международными санкциями, а в последние годы была дестабилизирована военными действиями и осуществлялась в пределах имеющихся производственных возможностей. Заметную роль в ОПЕК играет Венесуэла, осуществляющая поставки нефти в США. Структура добычи нефти странами ОПЕК отражена в табл. 1.2.10.

Таблица 1.2.10

### Добыча нефти по странам ОПЕК в 2000–2005 гг.

	2000 млн т	2000 %	2005 млн т	2005 %
<b>ОПЕК, всего</b>	1519,0	100,0	1625,5	100,0
Саудовская Аравия	457,6	30,1	526,2	32,4
Иран	189,4	12,5	200,4	12,3
Венесуэла	171,6	11,3	154,7	9,5
Кувейт	103,9	6,8	130,1	8,0
ОАЭ	117,3	7,7	129,0	7,9
Нигерия	105,4	6,9	125,4	7,7
Ирак	127,3	8,4	89,5	5,5
Алжир	66,8	4,4	86,5	5,3
Ливия	69,5	4,6	80,1	4,9



## Факторы формирования цен на нефть

	2000 млн т	2000 %	2005 млн т	2005 %
Индонезия	71,5	4,7	55,0	3,4
Катар	38,7	2,5	48,8	3,0

Источник: ВР.

Как показывает практика последних лет, в определенные периоды действия стран ОПЕК по согласованному ограничению объемов добычи нефти странами – членами организации были достаточно эффективными. После ценового кризиса 1998 г. ОПЕК перешла к стратегии поддержания мировой цены на нефть в границах целевого ценового диапазона 22–28 долл./барр. для цены корзины нефти ОПЕК<sup>1</sup>. При этом в целях обеспечения своевременной реакции на изменение рыночных условий конференции ОПЕК стали проводиться достаточно часто (4–5 раз в год). Действия ОПЕК позволили не только преодолеть ценовой кризис 1998 г., но и достаточно длительное время поддерживать мировые цены на нефть в границах установленного ценового диапазона.

В отдельные периоды действия ОПЕК поддерживали другие страны – производители нефти, также принимавшие на себя определенные обязательства по ограничению добычи и поставок нефти на мировой рынок. Так, после значительного падения мировых нефтяных цен в IV квартале 2001 г. действия ОПЕК по сокращению объемов добычи были поддержаны Мексикой, Норвегией, Россией, Оманом и Анголой. Меры по ограничению добычи (экспорта) нефти, предпринятые ОПЕК и независимыми производителями с 1 января 2002 г., привели к существенному повышению мировых цен на нефть к концу I квартала 2002 г.

Установление целевого диапазона мировых цен на нефть осуществлялось странами ОПЕК с учетом ряда существенных факторов. С одной стороны, такие цены должны были обеспечивать поддержание доходов стран-производителей на желаемом уровне. С другой стороны, такие цены не должны были вести к значительному расширению производства нефти в высокзатратных регионах (то есть в странах, не

<sup>1</sup> Справочная цена корзины нефти ОПЕК, введенная в 1987 г., первоначально являлась средним арифметическим цен 7 сортов нефти: Saharan Blend (Алжир), Minas (Индонезия), Bonny Light (Нигерия), Arab Light (Саудовская Аравия), Dubai (ОАЭ), Tia Juane Light (Венесуэла) и Isthmus (Мексика). Мексика не является членом ОПЕК. В 2005 г. была принята новая, более репрезентативная структура справочной корзины нефти ОПЕК, включающая основные сорта экспортируемой нефти всех 11 стран – членов организации, взвешенные в соответствии с объемами их производства и экспорта. Новая корзина нефти ОПЕК включает следующие сорта нефти: Saharan Blend (Алжир), Minas (Индонезия), Iran Heavy (Иран), Basra Light (Ирак), Kuwait Export (Кувейт), Es Sider (Ливия), Bonny Light (Нигерия), Qatar Marine (Катар), Arab Light (Саудовская Аравия), Murban (ОАЭ) и BCF 17 (Венесуэла). Новая корзина лучше отражает среднее качество нефти стран – членов ОПЕК. Она характеризуется относительно большей средней тяжестью и более высоким содержанием серы (1,77% против 1,44% для прежней корзины).



## Факторы формирования цен на нефть

входящих в ОПЕК) и к повышению конкурентоспособности других (замещающих) видов топлива, прежде всего газа; поддерживаемые цены на нефть не должны были сдерживать спрос и экономический рост, то есть должны были быть приемлемы для потребителей.

Установленный ценовой диапазон поддерживался ОПЕК на протяжении 2000–2003 гг. путем периодической корректировки квот добычи нефти странами – членами организации. В 2004 г., однако, в условиях быстро растущего спроса на нефть, несмотря на определенные усилия ОПЕК, цена корзины ОПЕК вышла за верхнюю границу целевого ценового диапазона, а в 2005 г. ОПЕК фактически отказалась от его поддержания. При этом, очевидно, произошло смещение ценовых ориентиров ОПЕК на более высокий уровень, поскольку в условиях чрезвычайно высоких мировых цен на нефть организация не предпринимала никаких скоординированных действий по увеличению поставок нефти: проводившиеся во II полугодии 2005 г. и I полугодии 2006 г. конференции ОПЕК неизменно подтверждали сохранение установленной с 1 июля 2005 г. квоты добычи нефти в размере 28,0 млн. барр. в сутки.

В нефтедобывающих странах, добыча нефти в которых осуществляется частными нефтяными компаниями, государственная политика в отношении нефтяного сектора включает политику лицензирования, налоговую политику, политику в отношении доступа к экологически уязвимым районам, перспективным с точки зрения добычи нефти. Например, в США в 1970–1980-е годы были приняты усиленные административные меры для ускорения лицензирования перспективных зон на континентальном шельфе, находящемся в федеральной собственности. Однако впоследствии Конгресс США начал ограничивать лицензионную программу, проводя экологическую политику, направленную на предотвращение риска загрязнения окружающей среды от проводимых нефтяных операций. В результате к 1991 г. около 5 млрд барр. перспективных запасов шельфовых зон (32% суммарных ресурсов шельфа) оказались приурочены к зонам, где был установлен мораторий на нефтяные операции. Из оцененных нефтяных запасов на суше большая часть также находилась в зоне государственного моратория. Данные меры, несомненно, существенно ограничивали развитие нефтедобычи в США в 1990-е годы. В 2001 г., однако, в США началась реализация специальной программы освоения новых нефтяных площадей, которая должна позволить увеличить предложение нефти на внутреннем рынке страны за счет собственного производства.



## Факторы формирования цен на нефть

Весьма серьезное влияние на производство нефти оказывает налоговая политика государства. С целью привлечения инвестиций и расширения производства нефти государства совершенствуют свои налоговые системы применительно к нефтяному сектору, обеспечивая благоприятные условия для инвестиций и конкурентоспособность национальных налоговых режимов на международном уровне. Так, в Великобритании с 1993 г. был отменен специальный налог на нефтяные доходы по новым месторождениям, вводимым в разработку, а по эксплуатируемым месторождениям данный налог был снижен с 75 до 50%. Это позволило обеспечить рост инвестиций и увеличение добычи нефти на месторождениях Северного моря. При этом, в отличие от США, соображения охраны окружающей среды серьезно не препятствовали поисковым работам на новых площадях.

Государственная политика нефтедобывающих стран в отношении нефтяного сектора во многих случаях преследует не только текущие экономические, но и различные долгосрочные и внеэкономические цели, такие как достижение желаемого уровня национальной безопасности, самообеспечение энергетическими ресурсами или минимизация импорта нефти, обеспечение надежности поставок, минимизация негативных экологических последствий.

На предложение нефти влияют также многие другие факторы, прежде всего уровень мировых цен на нефть, поведение нефтяных компаний, технологические факторы (появление и использование новых технологий добычи нефти), а также ряд факторов случайного характера, включая военные действия в регионах добычи нефти.

В странах, в нефтяном секторе экономики которых преобладают частные нефтяные компании, текущая добыча нефти определяется исключительно решениями самих производителей, действующих в условиях определенных геотехнологических и экономических ограничений. Одним из важных факторов, определяющих уровень предложения нефти, являются цены. Цены влияют на добычу через решения предприятий. Уровень цен на нефть влияет на размер получаемых предприятием доходов и соответственно на финансовые возможности для осуществления инвестиций. Снижение цен приводит к снижению размера инвестиций из-за низкой ожидаемой их рентабельности, а также из-за бюджетных ограничений. В то же время более низкие цены могут стимулировать мероприятия по снижению производственных затрат и совершенствованию технологий, в результате чего инвестиционные возможности и, следовательно, добыча нефти могут возрасти. Важную роль при принятии решений об



## Факторы формирования цен на нефть

инвестициях играют геологические условия, налоговая система, политические факторы.

На уровень предложения нефти также оказывают влияние различные факторы случайного характера, такие как военные действия в регионах добычи нефти, ураганы, аварии, внезапно возникающие технические проблемы, забастовки, политические беспорядки, партизанская деятельность, международные санкции, неблагоприятные погодные условия. Некоторые из перечисленных факторов проявляются достаточно редко (например, сокращение поставок в результате военных действий в регионах добычи нефти), но их воздействие на мировые цены на нефть может быть чрезвычайно сильным (например, именно такая ситуация имела место в 1990 г. после вторжения Ирака в Кувейт).

Военные действия в регионах добычи нефти могут иметь как краткосрочные, так и долговременные последствия (например, падение добычи нефти в регионе в результате разрушения нефтяной инфраструктуры или многолетнее ограничение ООН экспорта нефти Ираком после его вторжения в Кувейт).

### 1.3 Влияющие факторы и динамика цен на нефть

Формируясь под влиянием большого числа факторов, мировые цены на нефть характеризуются высокой изменчивостью. Как показывает ретроспективный анализ, в период 1861-2005 гг., то есть за последние 145 лет, максимальный уровень цены на нефть в реальном выражении наблюдался в 1864 г., когда цена на нефть достигала 101,1 долл./барр. в ценах 2005 г. (значение цены в номинальном выражении составляло при этом 8,1 долл./барр.). Исторический минимум цены на нефть наблюдался в 1931 г. – 8,4 долл./барр. в ценах 2005 г. (0,65 долл./барр. в номинальном выражении). Если рассматривать период 1951-2005 гг., то есть период с середины прошлого века, или последние 55 лет, то максимум мировой цены на нефть наблюдался в 1980 г. и составил 87,7 долл./барр. (при номинальном значении цены 36,8 долл./барр.). Минимум цен на нефть в реальном выражении в данный период составил 9,1 долл./барр. (1,8 долл./барр. в номинальном выражении) в 1970 г. За период последних 30 лет минимальное значение цены наблюдалось в 1998 г. и составило 15,7 долл./барр. в реальном выражении и 12,7 долл./барр. – в номинальном (табл. 1.3.1).



Таблица 1.3.1

**Максимальные и минимальные значения цены на нефть в реальном выражении (в долл. 2005 г.)**

	1861-2005 гг.	1951-2005 гг.	1976-2005 гг.
<b>Максимальное значение:</b>			
Год	1864	1980	1980
Цена, долл./барр.	101,1	87,7	87,7
<b>Минимальное значение:</b>			
Год	1931	1970	1998
Цена, долл./барр.	8,4	9,1	15,7

Примечание: 1861-1944 – средняя цена в США, 1945-1983 – цена Arabian Light, 1984-2005 – цена Brent.  
Источник: ВР.

Изменчивость мировых цен на нефть отчетливо проявилась и в последние 10 лет. На протяжении большей части 1990-х годов мировые цены на нефть были относительно стабильны. В 1991–1997 гг., за исключением 1996 г., среднегодовая мировая цена на нефть, рассчитанная по методике МВФ, колебалась в пределах 15,9–19,4 долл./барр., а ее годовые изменения не превышали 16%. Период же 1998–2001 гг. характеризуется чрезвычайно резкими колебаниями нефтяных цен. В 1998 г. мировая цена на нефть упала до минимального за рассматриваемый период уровня 13,1 долл./барр., при этом снижение цены по сравнению с предыдущим годом составило 32%. Однако уже в 2000 г. мировая цена на нефть поднялась до 28,2 долл./барр., при этом годовой прирост данного показателя составил более 55% (табл. 1.3.2). В 2000–2003 гг. среднегодовая мировая цена на нефть находилась в пределах 24–29 долл./барр. Последние же два года (2004–2005 гг.) характеризуются значительным ростом нефтяных цен и их устойчивым сохранением на чрезвычайно высоком уровне.

Таблица 1.3.2

**Мировые цены на нефть в 1990–2005 гг., долл./барр.**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Средняя мировая цена на нефть (IMF)	22,99	19,37	19,04	16,79	15,95	17,20
Brent, Великобритания	23,71	19,98	19,41	17,00	15,83	17,06
Dubai, ОАЭ	20,73	16,61	17,14	14,91	14,83	16,13
Urals, Россия	22,65	19,01	18,09	15,39	15,23	16,62
Средняя цена нефти, импортируемой в США	21,75	18,70	18,20	16,14	15,52	17,14
Средняя мировая цена, изменение в % к предыдущему году	28,4	-15,7	-1,7	-11,8	-5,0	7,8

*Продолжение таблицы 1.3.2*

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Средняя мировая цена на нефть (IMF)	20,37	19,27	13,07	18,14	28,24	24,33
Brent, Великобритания	20,45	19,12	12,72	17,81	28,31	24,41
Dubai, ОАЭ	18,54	18,10	12,09	17,08	26,09	22,71
Urals, Россия	20,20	18,33	11,83	17,30	26,63	22,97
Средняя цена нефти, импорти-	20,61	18,50	12,08	17,22	27,72	22,01



## Факторы формирования цен на нефть

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
руемой в США						
Средняя мировая цена, изменение в % к предыдущему году	18,4	-5,4	-32,2	38,8	55,7	-13,8

*Окончание таблицы 1.3.2*

	2002	2003	2004	2005
Средняя мировая цена на нефть (IMF)	24,95	28,89	37,76	53,40
Brent, Великобритания	25,02	28,83	38,21	54,38
Dubai, ОАЭ	23,85	26,76	33,63	49,32
Urals, Россия	23,73	27,04	34,45	50,75
Средняя цена нефти, импортируемой в США	23,69	27,74	35,99	49,25
Средняя мировая цена, изменение в % к предыдущему году	2,5	15,8	30,7	41,4

Источник: IMF, IEA, EIA.

В пределах каждого календарного года наблюдаются значительные внутригодовые (квартальные, месячные) колебания нефтяных цен, обусловленные действием тех или иных факторов.

Основное влияние на уровень мировой цены на нефть в 1990-2005 гг. оказывали динамика мировой экономики и политика стран ОПЕК. В то же время достаточно сильное влияние в определенные периоды оказывали и другие факторы. Так, в первой половине 90-х годов чрезвычайно сильное возмущающее воздействие на мировую цену на нефть оказало вторжение Ирака в Кувейт в августе 1990 г., которое привело к ее резкому повышению (с 16,5 долл./барр. в июле 1990 г. до 32,9 долл./барр. в октябре 1990 г., то есть в 2 раза за 3 месяца). Весьма значительные изменения мировых цен на нефть наблюдались также в 1998 г. (ценовой кризис), 1999–2000 гг. и 2004–2005 гг. (рост цен). Например, в 1999 г. – первой половине 2000 г. мировая цена на нефть повысилась с 9,4 долл./барр. (декабрь 1998 г.) до 28,9 долл./барр., то есть более чем в 3 раза за 1,5 года.

Наиболее резкое падение и самый низкий уровень мировых цен на нефть в последние 10 лет наблюдались в 1998 г. Если в 1997 г. средняя мировая цена нефти составила 19,3 долл./барр., то в 1998 г. она упала до 13,1 долл./барр., то есть на 32% по сравнению с предыдущим годом. При этом в декабре 1998 г. средняя мировая цена на нефть составляла лишь 10,4 долл./барр. Цена российской нефти на мировом рынке в 1998 г. опустилась до 11,8 долл./барр. Главным фактором падения мировых цен на нефть в 1998 г. явилось значительное увеличение производства и поставок нефти странами – членами ОПЕК, на которые приходится основная часть мирового нефтяного экспорта. Быстрый рост добычи нефти странами ОПЕК, наблюдавшийся в 1997 г., был





## Факторы формирования цен на нефть

подкреплен решением об увеличении квот добычи нефти с 1 января 1998 г. с 25,0 до 27,5 млн барр. в сутки, то есть на 10%, и фактически продолжался весь I квартал 1998 г.

В то же время спрос на нефть и нефтепродукты находился под негативным влиянием кризиса в Юго-Восточной Азии, замедления темпов экономического роста в некоторых промышленно развитых странах, а также аномально теплой зимы в Северном полушарии. Так, темпы роста мировой экономики снизились с 4,1% в 1997 г. до 2,3% в 1998 г. При этом в развивающихся странах темпы роста сократились с 5,5 до 2,2%. В Японии и Южной Корее наблюдался экономический спад: снижение ВВП в Японии в 1998 г. составило 2,9%, в Южной Корее – 6,7%. Результатами действия отмеченных факторов явились перепроизводство нефти, разбалансировка мирового нефтяного рынка и глубокий ценовой кризис.

С целью восстановления предкризисного уровня цен странами ОПЕК были предприняты усилия по ограничению объемов добычи, которые были поддержаны рядом других стран – экспортеров нефти. На мартовской (1998 г.) сессии ОПЕК было принято решение о сокращении добычи нефти странами – членами организации начиная с 1 апреля на 1245 тыс. барр. в день, или на 4,6% по отношению к базовому уровню февраля 1998 г. Страны – не члены ОПЕК объявили о сокращении производства на 250 тыс. барр. в день.

Данные меры не дали, однако, положительного результата, что побудило страны-экспортеры к дополнительному сокращению производства. На июньской (1998 г.) сессии ОПЕК было принято решение о дополнительном сокращении добычи нефти начиная с 1 июля на 1355 тыс. барр. в день. Страны – не члены ОПЕК объявили о дополнительном сокращении экспорта нефти на 240 тыс. барр. в день, в том числе Россия – на 100 тыс. барр. в день.

Таким образом, с учетом решений, принятых на мартовской и июньской сессиях ОПЕК, а также объявленных сокращений поставок другими странами начиная с июля совокупное сокращение предложения нефти должно было составить 3,1 млн барр. в день по отношению к базовому уровню, в том числе странами ОПЕК – 2,6 млн барр., другими странами – 0,5 млн барр. в день.

Однако произведенное сокращение добычи, несмотря на сезонное повышение спроса, обусловленное началом отопительного периода, не позволило восстановить предкризисный уровень цен. Это было связано, во-первых, с недостаточностью и неполным выполнением странами ОПЕК принятых на себя обязательств по





## Факторы формирования цен на нефть

сокращению добычи. По оценкам Международного энергетического агентства, их выполнение составило лишь 75%.

Во-вторых, резко увеличилось производство нефти Ираком, экспортная квота которого на июнь – ноябрь 1998 г. в соответствии с решением Совета Безопасности ООН была увеличена с 2 до 5,25 млрд долл. (табл. 1.3.3), что в значительной степени нейтрализовало усилия других стран ОПЕК по сокращению объемов добычи.

Таблица 1.3.3

### Добыча нефти в Ираке в 1995-1999 гг.

	1995	1996	1997	1998	1999
Добыча нефти, млн. т	26,0	28,6	57,1	104,4	124,9

Источник: ВР.

В-третьих, значительно выросло производство нефти за пределами ОПЕК, прежде всего в Северном море, Южной Америке и Африке.

В-четвертых, понижающее влияние на динамику цен оказывали накопленные в промышленно развитых странах избыточные запасы нефти и нефтепродуктов. Так, в США промышленные запасы нефти и нефтепродуктов к началу второго полугодия 1998 г. достигли 1073 млн барр., что было на 8,4% выше среднегодового значения данного показателя для этого времени года.

В-пятых, крайне негативно сказалось замедление роста мирового спроса на нефть, прежде всего в результате его ослабления в странах Юго-Восточной Азии и Японии. Если в 1997 г. прирост мирового спроса на нефть составил 2,4%, то в 1998 г. он увеличился лишь на 1,2%.

Поскольку усилия стран – членов ОПЕК по ограничению объемов добычи нефти, предпринятые с целью восстановления предкризисного уровня цен, не дали видимого положительного результата, в марте 1999 г. странами – членами ОПЕК было принято решение о дополнительном согласованном сокращении добычи нефти. На мартовской (1999 г.) сессии ОПЕК странами – членами этой организации (за исключением Ирака) была достигнута договоренность о сокращении добычи на 1,7 млн барр. в сутки в дополнение к двум соглашениям о сокращении производства, достигнутым в 1998 г. (суммарные обязательства стран ОПЕК по сокращению добычи нефти достигли, таким образом, 4,3 млн барр. в сутки). Четыре страны, не входящие в ОПЕК (Мексика, Норвегия, Россия и Оман), заявили о намерении сократить добычу



## Факторы формирования цен на нефть

(поставки) еще на 0,4 млн барр. в день. Таким образом, общее объявленное с 1 апреля 1999 г. сокращение производства нефти составило 2,1 млн барр. в сутки.

Как и в 1998 г., объявленные сокращения также были осуществлены только частично, однако они позволили существенно снизить предложение нефти на рынке, что привело к снижению ее промышленных запасов и резкому повышению мировых цен на нефть. Выполнение странами ОПЕК трех соглашений по сокращению добычи нефти, принятых ими в 1998–1999 гг., достигло максимума в мае 1999 г., составив 88% суммарных обязательств в 4,3 млн барр. в день.

Производство нефти странами, не входящими в ОПЕК, в 1999 г. было минимальным. Это было обусловлено сокращением добычи и инвестиций в некоторых регионах в результате экстремально низких мировых цен. Например, в США добыча нефти в 1999 г. сократилась на 3,2% по сравнению с предыдущим годом. В целом мировое производство нефти, увеличившееся в 1998 г. на 1,9%, в 1999 г. снизилось на 1,3% по сравнению с предыдущим годом (прежде всего за счет сокращения добычи странами ОПЕК). Прирост мирового спроса на нефть в 1999 г. составил 1,9% по сравнению с предыдущим годом, так как спрос на нефть в Азии отчасти восстановился.

В результате изменения соотношения предложения и спроса на нефть на мировом рынке начался рост мировых цен на нефть.

Уже во втором полугодии 1999 г. ситуация на мировом нефтяном рынке характеризовалась преодолением глубокого ценового кризиса, наблюдавшегося в 1998 г. В июле 1999 г. средняя мировая цена на нефть достигла 18,95 долл./барр., то есть впервые превысила уровень конца 1997 г., а в декабре 1999 г. достигла 25,1 долл./барр., то есть на 141% превысила уровень декабря 1998 г. Среднегодовая цена нефти в 1999 г. составила 18,14 долл./барр., или на 38,8% превысила уровень предыдущего года.

Определяющее влияние на предложение нефти в 1999 г. оказало решение стран – членов ОПЕК о дополнительном согласованном сокращении добычи нефти. Реальное поведение стран ОПЕК не подтвердило, таким образом, пессимистические прогнозы некоторых аналитиков, согласно которым ведущие экспортеры нефти будут проводить целенаправленную политику по поддержанию мировых цен на нефть на экстремально низком уровне (ниже 10 долл./барр.). Проведение такой политики теоретически возможно, поскольку это означало бы свертывание производства нефти в районах с высокими издержками добычи (Северная Америка, Европа, Россия и др.) и существенное увеличение (в перспективе) доли на мировом нефтяном рынке стран – членов ОПЕК, имеющих значительно более низкие производственные затраты. Однако



## Факторы формирования цен на нефть

критическая зависимость экономики ведущих стран – членов ОПЕК от нефтяного экспорта делает реализацию такой возможности крайне маловероятной.

В 2000 г. среднегодовая мировая цена на нефть поднялась до 28,21 долл./барр., то есть на 55,5% превысила уровень предыдущего года. Высокий уровень мировых цен на нефть был обусловлен устойчивым ростом мировой экономики (прирост мирового ВВП в 2000 г. составил 4,7%) и активными действиями ОПЕК по регулированию объемов добычи нефти странами – членами данной организации.

В 2001-2003 гг. мировые цены на нефть преимущественно находились в границах поддерживаемого ОПЕК ценового коридора 22–28 долл./барр. Поддержание цен достигалось достаточно значительными сокращениями поставок нефти странами ОПЕК. Механизм поддержания желаемого уровня цен предусматривал сокращение добычи нефти странами ОПЕК на 500 тыс. барр. в сутки при снижении цены корзины нефти ОПЕК ниже 22 долл./барр. и увеличение добычи на 500 тыс. барр. в сутки при превышении цены 28 долл./барр. в течение 10 рабочих дней. В отдельные периоды ОПЕК осуществляла более значительные сокращения. Например, в ноябре 2001 г. ОПЕК было принято решение о сокращении добычи нефти с 1 января 2002 г. на 1,5 млн. барр. в сутки в течение 6 месяцев.

При падении нефтяных цен в IV квартале 2001 г., когда средняя цена нефти корзины ОПЕК упала до 18,3 долл./барр., действия ОПЕК по сокращению объемов добычи были поддержаны другими производителями нефти, не входящими в данную организацию. Например, Россией в конце 2001 г. было объявлено о намерении сократить с начала 2002 г. поставки на мировой рынок на 150 тыс. барр./сут. (в течение I квартала 2002 г.), Норвегия объявила о сокращении производства на 150 тыс. барр./сут. (в течение первого полугодия 2002 г.), Мексика объявила о сокращении экспорта на 100 тыс. барр./сут. (также в течение первого полугодия). Оман и Ангола также заявили о сокращении производства, хотя и в меньшем размере (Оман – на 40 тыс. барр./сут., Ангола – на 22,5 тыс. барр./сут.).

Последние годы характеризовались значительным ростом мировых цен на нефть и их выходом на чрезвычайно высокий уровень. В 2004 г. средняя цена нефти сорта Brent составила 38,2 долл./барр., а в 2005 г. достигла 54,4 долл./барр., что является историческим максимумом цен на нефть в номинальном выражении. В 2006 г., по предварительной оценке, среднегодовая цена нефти Brent составит около 65 долл./барр. (табл. 1.3.4).



**Мировые цены на нефть в 2003–2006 гг., долл./барр.**

	2003	2004	2005	2006 I кв.	2006 II кв.	2006 III кв.
Цена нефти Brent, Великобритания	28,83	38,21	54,38	61,75	69,62	69,49
Цена нефти Urals, Россия	27,04	34,45	50,75	58,20	64,79	65,39
Цена корзины нефти стран – членов ОПЕК	28,13	36,05	50,64	57,65	64,72	65,68

Источник: OECD/IEA, ОПЕК.

Основными причинами столь значительного роста цен явились высокие темпы роста мировой экономики, в частности, экономики США и Китая, и низкий уровень свободных производственных мощностей для добычи нефти, не позволивший быстро увеличить добычу для удовлетворения растущего спроса на нефть. Мировые свободные производственные мощности для добычи нефти в последние годы значительно сократились. В течение 1990-х годов эти мощности в среднем составляли 3 млн барр. в сутки. Они достигли максимума 5,7 млн барр. в сутки в 2002 г., а затем резко снизились до 1,1 млн барр. в сутки в 2004 г. В результате в 2005 г. только Саудовская Аравия имела значительные свободные производственные мощности для увеличения добычи нефти.

ОПЕК фактически отказалась от поддержания мировых цен на нефть в границах ранее установленного данной организацией целевого ценового диапазона и осуществляла политику умеренного увеличения добычи нефти в рамках располагаемых производственных мощностей. На мартовской (2005 г.) конференции ОПЕК было объявлено об увеличении добычи нефти странами – членами организации на 500 тыс. барр. в сутки, а с 1 июля 2005 г. суммарная квота добычи стран – членов ОПЕК была увеличена еще на 500 тыс. барр. в сутки, до 28,0 млн барр. в сутки. Таким образом, хотя за полтора года квота добычи нефти ОПЕК была повышена с 23,5 млн барр. в сутки в апреле 2004 г. до 28,0 млн барр. в сутки в июле 2005 г., данные меры не оказали никакого видимого влияния на динамику нефтяных цен. На сентябрьской (2005 г.) конференции ОПЕК страны – члены организации объявили о намерении задействовать свободные мощности по добыче нефти в размере 2 млн барр. в сутки, если в этом будет необходимость, в течение трех месяцев начиная с 1 октября 2005 г. Данное решение, однако, так и не было реализовано, а все последующие конференции ОПЕК, несмотря на чрезвычайно высокий уровень мировых цен на нефть, только подтверждали



## Факторы формирования цен на нефть

действие квоты, установленной с 1 июля 2005 г. Уровень добычи нефти в Ираке в последние годы остается существенно ниже предвоенного уровня (табл. 1.3.5).

Таблица 1.3.5

### Добыча нефти в Ираке в 2000-2005 гг.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Добыча нефти, млн. т	127,3	116,7	99,9	65,7	99,2	89,5

Источник: ВР.

За пределами ОПЕК существенное влияние на динамику производства нефти в последние годы оказало снижение темпов роста добычи нефти в России в 2005-2006 гг. (табл. 1.3.6) и проблемы с производством нефти в США в результате разрушительных ураганов в регионе Мексиканского залива. Сохранялась напряженность в секторах грузовых перевозок и переработки, обусловленная ограниченностью имеющихся здесь мощностей, что поддерживало высокую стоимость транспортировки и переработки нефти. Геополитические риски, связанные прежде всего с напряженностью на Ближнем и Среднем Востоке (нестабильность в Ираке, напряженность, связанная с реализацией ядерной программы Ирана, военные действия Израиля против Ливана), сохраняли уровень неопределенности на мировом нефтяном рынке высоким, что в определенной степени поддерживало высокие мировые цены на нефть.

Таблица 1.3.6

### Добыча нефти в России в 2000–2005 гг., млн т

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Добыча нефти, включая газовый конденсат	323,2	348,1	379,6	421,4	458,8	470,0
Прирост по сравнению с предыдущим годом, %	6,0	7,7	9,0	11,0	8,9	2,4

Источник: ФСГС РФ, МПЭ РФ.

Отражая общую динамику мировых цен на нефть, цены на экспортируемую Россией нефть сорта Urals в последние годы также значительно выросли. В то же время между ценой на маркерный сорт нефти Brent и ценой Urals сохраняется значительная разница (дифференциал), обусловленная более низким качеством российской нефти (табл. 1.3.7). В последние годы цена нефти сорта Urals составляла 90–95% цены нефти Brent.

Таблица 1.3.7

### Соотношение цен на нефть сорта Brent и российскую нефть сорта Urals в 2000–2005 гг.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Цена нефти Brent, долл./барр.	28,50	24,44	25,02	28,83	38,21	54,38



## Факторы формирования цен на нефть

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Цена нефти Urals*, долл./барр.	26,63	22,97	23,73	27,04	34,45	50,75
Разница в цене Brent и Urals, долл./барр.	1,9	1,5	1,3	1,8	3,8	3,6
Цена Urals в % к цене Brent	93,4	94,0	94,8	93,8	90,2	93,3

\* Цена на средиземноморском рынке.

Источник: OECD/IEA.

### 1.4 Перспективы цен на нефть

Перспективная динамика мировых цен на нефть будет определяться большим числом факторов, среди которых можно выделить рост мировой экономики, структурные характеристики мирового спроса на нефть, зависимость основных стран-потребителей от импорта нефти, энергоёмкость и нефтеемкость экономики, уровень эффективности энергопотребляющих технологий, относительную конкурентоспособность других видов топлива, структурные и геологические характеристики мировых запасов нефти, структурные характеристики мирового производства и экспорта нефти, действия ОПЕК по регулированию объемов добычи нефти странами – членами организации, политику других нефтедобывающих государств в отношении нефтяного сектора, применение новых технологий разведки и добычи нефти.

Согласно последним прогнозам Министерства энергетики США и Международного энергетического агентства ОЭСР, мировой спрос на нефть в перспективе будет устойчиво расти, а основными секторами роста мирового спроса на нефть будут транспорт и промышленность. На транспортный сектор, где в настоящее время нет альтернативных видов топлива, которые могли бы широко конкурировать с нефтью, придется около 60% прогнозируемого увеличения потребления нефти в следующие 20 лет, на промышленный сектор – большая часть остального увеличения. В значительной степени рост мирового спроса на нефть произойдет за счет азиатских стран с формирующейся экономикой, включая Китай и Индию. На эти страны в следующие два десятилетия придется порядка 45% прироста мирового потребления нефти, а рост спроса на нефть будет здесь наиболее высоким. Спрос на нефть в Китае, как ожидается, в ближайшие 20 лет увеличится более чем в 2 раза, а доля Китая в мировом потреблении нефти существенно повысится. Экономическое развитие в Азии будет основным фактором долгосрочного роста нефтяного рынка.

Значительно увеличится как объем международной торговли нефтью, так и доля международной торговли в покрытии мирового спроса на нефть. Зависимость стран



## Факторы формирования цен на нефть

ОЭСР и развивающихся стран Азии от импорта нефти будет расти. При этом нефтеимпортирующие страны будут стремиться к диверсификации источников нефтяных поставок, прежде всего к снижению зависимости от поставок нефти из политически нестабильного региона Персидского залива.

Вряд ли, однако, чрезвычайно высокие цены на нефть будут устойчивы в течение длительного периода времени. Ограничения для долгосрочного подъема нефтяных цен включают замещение нефти другими видами топлива, маргинальные источники традиционной нефти, которые при росте цен переходят в разряд запасов, и нетрадиционные источники нефти, которые переходят в разряд запасов при еще более высоких ценах. Можно ожидать, что конкуренция на мировом нефтяном рынке останется достаточно сильной, чтобы препятствовать усилиям ОПЕК поддерживать чрезвычайно высокие цены на нефть в течение длительного времени. Конкурентные силы действуют в рамках ОПЕК, между ОПЕК и странами – не членами ОПЕК, а также между традиционной нефтью и другими источниками энергии (прежде всего нетрадиционной нефтью, природным газом и углем). На мировом рынке остается значительный потенциал увеличения добычи нефти за пределами ОПЕК.

В то же время можно ожидать, что устойчивый рост спроса на нефть, особенно в странах с формирующейся экономикой, будет поддерживать давление на нефтяной рынок, а страны ОПЕК будут способны ограничивать производство нефти в целях поддержания цен. Существенное влияние будет оказывать и рост производственных затрат на освоение новых нефтяных месторождений и истощение месторождений во многих традиционных районах нефтедобычи. В результате можно ожидать, что мировые цены на нефть в долгосрочной перспективе будут находиться на более высоком уровне, чем в последние два десятилетия до подъема цен в 2004–2006 гг.

Данные факторы создают для России благоприятные спросовые и ценовые предпосылки для дальнейшего увеличения производства и экспорта нефти. По мере роста спроса на нефть в странах Западной и Восточной Европы и падения добычи нефти в Северном море будут расширяться возможности экспорта российской нефти в европейские страны. В то же время рост спроса на нефть в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, прежде всего в Китае, а также прогнозируемое значительное усиление их импортной зависимости создают чрезвычайно благоприятные возможности для выхода России на рынки стран этого региона, прежде всего Китая, Южной Кореи и Японии, и значительного увеличения экспорта нефти в этом направлении. Расширение такого экспорта требует создания необходимой





## Факторы формирования цен на нефть

транспортной инфраструктуры, прежде всего для поставок нефти в Китай, освоения нефтяных ресурсов восточной части страны и проведения определенной налоговой политики, стимулирующей освоение новых месторождений.

В перспективной динамике нефтяных цен существует значительная неопределенность, связанная с мировым экономическим ростом, спросом на нефть, оценкой располагаемых нефтяных запасов, долгосрочной политикой ОПЕК в отношении добычи нефти, международной политической стабильностью.

В своем последнем долгосрочном прогнозе развития энергетического сектора экономики США, опубликованном в 2006 г.<sup>2</sup>, Министерство энергетики США констатирует значительную неопределенность в отношении перспективной динамики мировых цен на нефть. В прогнозе рассматриваются три варианта динамики мировых цен на нефть, отражающие возможные альтернативы в развитии мирового нефтяного рынка. Мировая цена на нефть определяется в прогнозе как средневзвешенная цена приобретения нефтеперерабатывающими заводами США низкосернистой легкой нефти, импортируемой в США (содержание серы менее 0,5%). Такая нефть примерно соответствует сорту нефти Brent.

В базовом варианте прогнозируется, что в результате ввода в эксплуатацию новых нефтяных месторождений мировая цена на нефть понизится с текущего уровня до 46,9 долл./барр. (в долл. 2004 г.) в 2014 г., а затем будет расти до 57 долл./барр. в 2030 г. (табл. 1.4.1). Повышение мировой цены на нефть после 2014 г. будет отражать растущие затраты на разработку месторождений и добычу нефти за пределами ОПЕК.

Таблица 1.4.1

### Мировые цены на нефть в 2005–2030 гг., долл./барр. (прогноз Министерства энергетики США, базовый вариант)

	2005	2006	2010	2015	2020	2030
Цена низкосернистой легкой нефти, импортируемой в США (в долл. 2004 г.)	55,93	59,10	47,29	47,79	50,70	56,97
Средняя цена нефти, импортируемой в США (в долл. 2004 г.)	49,70	53,95	43,99	43,00	44,99	49,99

Источник: DOE/EIA. Annual Energy Outlook 2006.

Варианты низких и высоких мировых цен на нефть обозначают широкий диапазон возможных траекторий мировой цены, которая в 2030 г. может находиться в диапазоне от 34 долл./барр. до 96 долл./барр. Данные варианты отражают различные предположения относительно размера мировых запасов традиционной нефти и

<sup>2</sup> Annual Energy Outlook 2006. DOE/EIA, Feb. 2006.





## Факторы формирования цен на нефть

прогнозируют различные рыночные доли производства нефти в странах ОПЕК и за пределами ОПЕК.

Вариант высоких цен предполагает, что мировые запасы традиционной нефти на 15% меньше, чем в базовом варианте прогноза, производство нефти будет расти более медленными темпами, а доля ОПЕК в 2030 г. составит 31% мировой добычи нефти. Мировые цены на нефть согласно этому варианту повысятся до 76,3 долл./барр. (в долл. 2004 г.) в 2015 г. и 95,7 долл./барр. в 2030 г.

Вариант низких цен предполагает, что мировые запасы традиционной нефти на 15% больше, чем в базовом варианте, производство нефти будет расти более высокими темпами, а доля ОПЕК в мировой добыче нефти в 2030 г. составит 40%. Мировые цены на нефть в этом варианте снижаются до 33,8 долл./барр. в 2015 г. и в дальнейшем остаются примерно на этом уровне.

Последний долгосрочный прогноз Международного энергетического агентства ОЭСР (МЭА), разработанный в 2006 г., близок к базовому варианту прогноза Министерства энергетики США. По базовому варианту прогноза МЭА мировая цена на нефть в 2030 г. составит 55 долл./барр. (в ценах 2005 г.).

Прогнозы некоторых других зарубежных организаций предполагают, что в конечном итоге фундаментальные факторы спроса и предложения сбалансируют рынок нефти, в результате чего цены на нефть снизятся, однако будут сравнительно высокими. Большинство опубликованных в последнее время прогнозов мировой цены на нефть в 2010 г. находятся в диапазоне 45–51 долл./барр. (для нефти Brent).

По прогнозу ИЭПП, выполненному в ходе данного исследования, цена на нефть снизится до 53 долл./барр. к 2013 г. (для нефти Brent) и в дальнейшем до 2030 г. будет находиться примерно на этом уровне (см. раздел 6).

Таким образом, в будущей динамике мировых цен на нефть существует весьма значительная неопределенность, связанная с действием ряда труднопрогнозируемых факторов, лежащих как на стороне спроса, так и на стороне предложения. В то же время наиболее вероятным сценарием представляется сохранение мировых цен на нефть на достаточно высоком уровне, который в перспективе до 2030 г. для нефти типа Brent может составить 50-55 долл./барр., для нефти типа Urals – 45-50 долл./барр.



### 1.5 Цены и налоговая политика

Прогнозируемый уровень мировых цен на нефть создает вполне благоприятные условия для формирования доходной части государственного бюджета, пополнения стабилизационного фонда и развития нефтяного сектора российской экономики. В то же время необходимое для увеличения производства и экспорта нефти освоение новых нефтяных месторождений с повышенными затратами, в частности, месторождений восточной части страны, требует проведения специальной налоговой политики, стимулирующей инвестиции.

Действующая в России система налогообложения производства нефти основана на двух специальных налогах: налоге на добычу полезных ископаемых и экспортной пошлине. Оба налога существенным образом зависят от уровня мировых цен на нефть.

Налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ) введен с начала 2002 г. вместо трех действовавших до этого платежей: платы за пользование недрами, отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы и акциза на нефть. С начала 2005 г. базовая ставка НДПИ при добыче нефти установлена в размере 419 руб. за 1 тонну, а коэффициент, характеризующий динамику мировых цен на нефть и применяемый к базовой ставке налога, определяется по формуле:

$$K_{ц} = (Ц - 9) \times P / 261,$$

где Ц – средний за налоговый период уровень цен на нефть сорта Юралс в долларах США за баррель; P – среднее за налоговый период значение курса доллара США к рублю, устанавливаемое Центральным банком Российской Федерации (таблица 1.5.1).

Таблица 1.5.1

#### Ставка НДПИ при добыче нефти в 2002-2006 гг.

	2002-2003	2004	2005-2006
Базовая ставка НДПИ, руб./т	340	347	419
Коэффициент, характеризующий динамику мировых цен на нефть (Кц)	(Ц-9)хP/261		(Ц-9)хP/261

Источник: Федеральный закон № 33-ФЗ от 07.05.2004, Федеральный закон № 126-ФЗ от 08.08.2001.

В результате применения поправочного коэффициента фактическая ставка налога существенным образом зависит от уровня мировых цен на нефть. Согласно применяемой формуле расчета при среднем курсе доллара в 2005 г., равном 28,28 руб./долл., коэффициент Кц с ростом мировых цен на нефть увеличивается от 0 при цене нефти Юралс до 9 долл./барр. до 5,5 при цене нефти 60 долл./барр. (таблица 1.5.2).



**Ставка НДС при добыче нефти при налоговой системе 2005-2006 гг., руб./т**

	Цена нефти Юралс, долл./барр.				
	20	30	40	50	60
Базовая ставка НДС	419	419	419	419	419
Коэффициент Кц	1,1924	2,2764	3,3604	4,4444	5,5284
Фактическая ставка НДС	500	954	1408	1862	2316

Введение НДС позволило значительно повысить бюджетную эффективность налоговой системы, нейтрализовать негативные налоговые последствия трансфертного ценообразования, обеспечить прозрачность установления налоговых ставок, приблизить российскую систему налогообложения к мировой практике.

В то же время действующая налоговая система, основанная на единой специфической ставке НДС, рассчитана преимущественно на применение в средних условиях и не учитывает объективных различий в условиях добычи нефти, обусловленных характеристиками месторождения, его расположением, а также стадией разработки. В результате ухудшается экономика добычи нефти на месторождениях с повышенными затратами, стимулируется выборочный отбор наиболее эффективных запасов и досрочное прекращение разработки истощенных месторождений, происходит потеря нефти в недрах. Одновременно осложняется ввод в разработку новых месторождений, особенно в неосвоенных регионах с неразвитой инфраструктурой. Более высокие капитальные, эксплуатационные и транспортные затраты приводят к тому, что реализация многих проектов разработки месторождений в новых районах в условиях действующей налоговой системы не обеспечивает требуемой доходности инвестиций.

Недостатки единой ставки НДС обусловили поиск вариантов дифференциации ставки налога в зависимости от горно-геологических и экономико-географических факторов, характеризующих реальные условия добычи нефти. В результате в 2006 г. Федеральным законом от 27 июля 2006 г. №151-ФЗ «О внесении изменений в главу 26 части второй Налогового кодекса Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации» система налогообложения добычи нефти была дополнена рядом новых элементов. Основными изменениями, вступающими в силу с 1 января 2007 г., являются следующие.

1. При разработке нефтяных месторождений Восточно-Сибирской нефтегазовой провинции в границах Республики Саха (Якутия), Иркутской области и Красноярского края установлена нулевая ставка НДС до достижения накопленного объема добычи



## Факторы формирования цен на нефть

нефти 25 млн. т на участке недр, либо в течение 10 лет для лицензии на право пользования недрами для целей разведки и добычи и 15 лет для лицензии на право пользования недрами одновременно для геологического изучения (поиска, разведки) и добычи с даты государственной регистрации лицензии.

Нулевая налоговая ставка на период до достижения накопленного объема добычи нефти 25 млн. т на участке недр или срок 10 лет, исчисляемый с 1 января 2007 г., применяется и к уже разрабатываемым месторождениям данных регионов, если степень выработанности запасов на лицензионном участке не превышает 0,05.

2. Введен дополнительный коэффициент  $K_v$ , применяемый к базовой ставке НДС, характеризующий степень выработанности запасов нефти на участке недр. Коэффициент  $K_v$  применяется при степени выработанности запасов участка недр от 0,8 до 1, рассчитывается по определенной формуле и изменяется от 1 (при степени выработанности 0,8) до 0,3 (при степени выработанности 1). Если степень выработанности запасов на участке недр превышает 1, коэффициент  $K_v$  принимается равным 0,3.

3. Положения, устанавливающие специфическую ставку НДС при добыче нефти и порядок ее применения, внесены непосредственно в Налоговый кодекс РФ (главу 26). До этого применение при добыче нефти специфической ставки НДС и коэффициента  $K_c$ , характеризующего динамику мировых цен на нефть, было установлено Федеральными законами №126-ФЗ от 8 августа 2001 г. и №33-ФЗ от 7 мая 2004 г. на срок до 31 декабря 2006 г.

Принятые изменения направлены на стимулирование разработки истощенных и новых нефтяных месторождений. Дифференциация НДС с учетом выработанности запасов позволяет продлить сроки разработки истощенных месторождений и повысить уровень нефтеизвлечения. Продление эксплуатации истощенных месторождений обеспечивает дополнительные поступления как НДС (взимаемого по пониженной ставке), так и других налогов (налог на прибыль, экспортные пошлины и т.д.). Снижение ставки НДС для новых нефтяных месторождений позволяет стимулировать освоение Восточно-Сибирской нефтегазовой провинции, создать базу для будущих доходов государственного бюджета.

Важным элементом принятых поправок является установление двух критериев предоставления льготы по НДС на новых месторождениях Восточно-Сибирской нефтегазовой провинции: объем добычи нефти 25 млн. т и срок 10-15 лет (в зависимости от вида лицензии на пользование недрами).



## Факторы формирования цен на нефть

Если в качестве критерия предоставления льготы установить только объем добычи (25 млн. т), то на небольших месторождениях льгота может распространяться на весьма длительный период времени (вплоть до применения льготы по НДС в течение всего периода разработки – для мелких месторождений). В то же время это могло бы стимулировать освоение небольших месторождений, разработка которых, как правило, связана с повышенными капитальными и эксплуатационными затратами в расчете на тонну добываемой нефти (повышенные затраты в данном случае будут компенсироваться более длительным сроком применения льготы).

Если же в качестве критерия установить только срок применения нулевой ставки (10-15 лет), то это создаст сильные стимулы к форсированию добычи нефти в первые годы разработки, что будет приводить к снижению уровня конечного нефтеизвлечения. Установление же «потолка» накопленной добычи нефти (25 млн. т), при достижении которого действие налоговой льготы прекращается, не создает стимулов к форсированию добычи на достаточно крупных месторождениях.

В то же время на небольших месторождениях, добыча нефти на которых в первые 10 лет при нормальных темпах разработки будет существенно меньше 25 млн. т, наличие таких критериев создает сильные стимулы к форсированию их разработки с целью освобождения от налога максимального количества добываемой нефти.

В таблице 1.5.3 приведены результаты расчетов доходности инвестиций в добычу нефти в Восточной Сибири при различной продолжительности налоговых каникул, которые проведены с использованием разработанной в ИЭПП имитационной финансовой модели разработки типового нефтяного месторождения. В расчетах учтена стадия освоения месторождения, то есть выделены месторождения, подготовленные к разработке (строки 2 и 3), которые могут пользоваться льготой по НДС сразу с 1 января 2007 г., и месторождения, не подготовленные к разработке, которые требуют определенного времени на дополнительную геологоразведку и осуществление первоначальных инвестиций после получения государственной лицензии на пользование недрами (строки 4 и 5). Время дополнительной геологоразведки и осуществления первоначальных инвестиций принято равным двум годам с момента регистрации лицензии. Таким образом для месторождения, не подготовленного к разработке, налоговые каникулы 10 лет с момента регистрации лицензии соответствуют периоду 8 лет с момента начала добычи нефти, каникулы 7 лет – периоду 5 лет с момента начала добычи нефти.



## Факторы формирования цен на нефть

Проведенные расчеты подтверждают достаточно низкую эффективность инвестиций в освоение месторождений Восточной Сибири в условиях действующей налоговой системы (строка 1 таблицы 1.5.3). В то же время установленные критерии предоставления льготы по НДС в прогнозируемом на перспективу диапазоне мировых цен на нефть представляются избыточными (результаты соответствующих расчетов приведены в строках 2 и 4 таблицы 1.5.3). Приемлемая доходность инвестиций (при цене нефти 40 долл./барр. и выше внутренняя норма доходности превышает 20%) обеспечивается при существенно меньшей продолжительности налоговых каникул – 5 лет для месторождений, подготовленных к разработке, и 7 лет для месторождений, не подготовленных к разработке (строки 3 и 5 таблицы 1.5.3). Достаточно высокая доходность обеспечивается и при распространении льготы по НДС на первые 15 млн. т добытой нефти (строка 6).

Таблица 1.5.3

### Доходность инвестиций в разработку типового месторождения в Восточной Сибири при различной продолжительности налоговых каникул, %

	Цена нефти Юралс, долл./барр.						
	30	35	40	45	50	55	60
1. НДС: действующая налоговая система	7,2	10,1	12,7	15,2	17,5	19,9	22,2
2. НДС: налоговые каникулы 10 лет для месторождения, подготовленного к разработке	16,4	21,3	26,0	30,6	35,1	39,6	44,1
3. НДС: налоговые каникулы 5 лет для месторождения, подготовленного к разработке	12,1	16,5	20,8	25,1	29,5	33,9	38,4
4. НДС: налоговые каникулы 10 лет для месторождения, не подготовленного к разработке	15,2	20,0	24,7	29,3	34,0	38,5	43,1
5. НДС: налоговые каникулы 7 лет для месторождения, не подготовленного к разработке	12,1	16,5	20,8	25,1	29,5	33,9	38,4
6. НДС: налоговые каникулы 15 млн.т	13,3	17,9	22,4	27,0	31,5	36,1	40,7

Источник: расчеты ИЭПП.

Анализ принятых изменений в главе 26 Налогового кодекса РФ, относящихся к применению нулевой ставки НДС на новых месторождениях Восточно-Сибирской нефтегазовой провинции, и оценка долгосрочной динамики мировых цен на нефть позволяют сделать следующие выводы:



## Факторы формирования цен на нефть

1. Продолжительность налоговых каникул необходимо дифференцировать не только в зависимости от вида лицензии на пользование недрами, но и в зависимости от степени освоения месторождения: для месторождений, подготовленных к разработке или находящихся на начальной стадии эксплуатации, налоговые каникулы должны иметь меньшую продолжительность, чем для месторождений, не подготовленных к разработке, поскольку в этом случае не требуется времени для проведения дополнительной геологоразведки (или такая геологоразведка может вестись параллельно с добычей нефти) и осуществления первоначальных инвестиций.

2. Установленная продолжительность налоговых каникул при прогнозируемом на перспективу уровне мировых цен на нефть является избыточной и может быть сокращена. По нашим расчетам, для месторождений Восточно-Сибирской нефтегазовой провинции, не подготовленных к разработке, налоговые каникулы могут быть уменьшены с 10 до 7 лет, а для месторождений, подготовленных к разработке или находящихся на начальной стадии эксплуатации, – с 10 до 5 лет.

3. Более предпочтительным при применении схемы налоговых каникул было бы установление одного критерия предоставления льготы по НДС – объема накопленной добычи нефти. При этом установленный объем в 25 млн. т представляется завышенным. При таком ограничении доходность инвестиций является избыточно высокой, а на месторождениях среднего размера от НДС фактически освобождается 45-50% добытой нефти. Как показывают расчеты, необходимая доходность инвестиций обеспечивается при ограничении в 15 млн. т.

Такой подход имеет следующие преимущества:

Во-первых, такой критерий (объем накопленной добычи) не создает стимулов к форсированию добычи нефти, поскольку предоставление льготы по НДС не ограничено определенным периодом.

Во-вторых, такой критерий может быть единым, поскольку он применим ко всем видам лицензий (как к лицензиям на разведку и добычу, так и к лицензиям на геологическое изучение (поиск, разведку) и добычу), поскольку получение льготы в этом случае не зависит от времени начала добычи.

В-третьих, такой критерий применим для месторождений на разной стадии освоения (как для месторождений, подготовленных к разработке или находящихся на начальной стадии добычи, так и для месторождений, не подготовленных к разработке).

Следует, однако, учитывать, что при применении в качестве критерия только показателя накопленной добычи нефти на мелких месторождениях под действие





## Факторы формирования цен на нефть

льготы по НДС может попадать вся добываемая нефть. При этом, однако, стимулируется разработка мелких месторождений, которые при других условиях могут остаться неразработанными.

Альтернативой налоговым каникулам по НДС может быть введение понижающего коэффициента к ставке НДС, применяемого при разработке новых месторождений определенных регионов (например, Восточной Сибири) в течение всего периода разработки.

Значение такого коэффициента может быть определено расчетным путем исходя из требования обеспечения необходимой доходности инвестиций в освоение нефтяных месторождений соответствующей территории. Например, для Восточной Сибири величина данного коэффициента может составлять 0,5. При таком значении коэффициента обеспечивается приемлемая доходность инвестиций в добычу нефти (таблица 1.5.4).

Таблица 1.5.4

### Доходность инвестиций в разработку типового месторождения в Восточной Сибири при применении понижающего коэффициента к ставке НДС, %

	Цена нефти Юралс, долл./барр.						
	30	35	40	45	50	55	60
1. НДС: действующая налоговая система	7,2	10,1	12,7	15,2	17,5	19,9	22,2
2. НДС: понижающий коэффициент 0,5	13,0	16,6	20,1	23,6	26,9	30,3	33,6

Источник: расчеты ИЭПП.

Такой подход, на наш взгляд, имеет ряд существенных преимуществ по сравнению со схемой налоговых каникул.

Во-первых, при таком подходе НДС уплачивается с самого начала добычи.

Во-вторых, такой подход не создает стимулов к форсированию добычи нефти в первые годы разработки. Таким образом, он не оказывает искажающего влияния на поведение недропользователей и профиль добычи.

В-третьих, такой подход учитывает более высокие затраты на добычу и реализацию в течение всего периода разработки (например, применительно к Восточной Сибири более высокие затраты на транспортировку нефти имеют место в течение всего периода эксплуатации месторождений).

В-четвертых, такой коэффициент может быть единым, поскольку применим для всех видов лицензий (как для лицензий на разведку и добычу, так и для лицензий на геологическое изучение (поиск, разведку) и добычу) и для месторождений на разной





## Факторы формирования цен на нефть

стадии освоения (как для месторождений, подготовленных к разработке или находящихся на начальной стадии добычи, так и для месторождений, не подготовленных к разработке).

В-пятых, такой подход предоставляет меньший выигрыш инвестору при росте цен на нефть по сравнению со схемой налоговых каникул.



## 2 ОПЕК и цены на нефть

### 2.1 Экономические условия образования картеля

Для того чтобы понять причины образования картели, необходимо сравнить прибыли стран от экспорта нефти в случае совершенной конкуренции на рынке со случаем, когда страны образовали картель. Для этого рассмотрим простую модель, предложенную в работе Salant(1976). Предположим, что в мире существует множество производителей нефти, причем запасы каждого из них достаточно малы, вследствие чего производители не могут влиять на цену нефти. Для простоты положим также, что издержки добычи нефти равны 0. В этом случае каждый производитель решает задачу о размещении объемов добыч нефти во времени. Как показал Хотеллинг, в случае совершенной конкуренции на рынке, т.е. при условии, что производители не объединяются, траектория цен на исчерпаемый ресурс имеет экспоненциальный вид:

$$P_t = P_0 e^{rt} \quad (1)$$

где  $P_t$  – цена на ресурс в момент времени  $t$ , а  $r$  – ставка процента, характерная для капитала с такой же степенью риска, как и рассматриваемый ресурс. Очевидно, что нефть является исчерпаемым ресурсом, вследствие чего для цены на нефть должна быть выполнена формула (1).

Допустим теперь, что часть производителей объединилась и образовала картель, целью которой является максимизация общей прибыли (вопрос о распределении прибыли в картели будет рассмотрен ниже). Равновесная траектория цены на нефть теперь определяется следующим образом. Отдельные производители и картель при заданной ожидаемой траектории цены решают задачу о распределении объемов добыч во времени. При этом отдельные производители не влияют на цену, в то время как картель может оказывать влияние на траекторию цены. Объемы добыч в свою очередь определяют действительную траекторию цены. Равновесной траекторией называется такая действительная траектория, которая совпадает с ожидаемой. Естественно полагать, что именно равновесная траектория будет реализована в действительности.

Для того чтобы понять, как в данном случае устроена равновесная траектория цены, рассмотрим ее свойства. Во-первых, заметим, что скорость роста цен не может превышать ставку процента. Действительно, если на каком-то этапе скорость роста цен превысила ставку процента, то спекулянты будут скупать нефть в начале периода и продавать ее в конце, получая при этом неограниченную прибыль, чего не может

## Факторы формирования цен на нефть

наблюдаться в равновесии. Во-вторых, пока отдельные производители обладают положительными запасами, скорость роста цен не может быть меньше ставки процента, т.к. в этом случае отдельные производители будут увеличивать объемы добычи в начале такого роста за счет сокращения объемов добычи в конце. Таким образом, пока отдельные производители обладают положительными запасами, скорость роста цены равняется ставке процента.

Очевидно, что максимизация дисконтированных прибылей картели приводит к тому, что дисконтированная предельная прибыль картели во все моменты положительных объемов добычи одинакова:

$$e^{-rt}MR(t) = (P(t) + \frac{dP(t)}{dQ(t)}q_{cartel}(t))e^{-rt} = const \text{ для всех } t, \text{ когда } q_{cartel} > 0 \quad (2)$$

где  $Q(t)$  – суммарные объемы добычи в момент времени  $t$ ,  $q_{cartel}$  – объемы добычи картели,  $P(Q)$  – обратная функция спроса. В те моменты времени, когда объемы добычи равны 0, дисконтированная предельная прибыль картели меньше данной константы. Отсюда мы можем заключить, что исчерпание ресурсов картели происходит позже исчерпания ресурсов отдельных производителей. Действительно, допустим, что это не так. Рассмотрим два момента времени  $t_1$  и  $t_2$ ,  $t_1$  – до исчерпания ресурсов картели, когда объемы добычи положительны,  $t_2$  – после исчерпания ресурсов картели, но до исчерпания ресурсов отдельных производителей. Как было показано выше, цены на ресурс на этом промежутке времени растут со ставкой процента. Следовательно, имеем:

$$e^{-rt_1}MR(t_1) = (P(t_1) + \frac{dP(t_1)}{dQ(t_1)}q_{cartel}(t_1))e^{-rt_1} < P(t_1)e^{-rt_1} = P(t_2)e^{-rt_2} = e^{-rt_2}MR(t_2) \quad (3)$$

Из данного неравенства видно, что дисконтированная предельная прибыль картели в момент  $t_2$  больше, чем в момент  $t_1$ , что противоречит оптимальности размещения добычи картели во времени. Получили противоречие. Значит, исчерпание ресурсов картели наступает позже исчерпания ресурсов отдельных производителей.

После того как отдельные производители покидают рынок, картель становится монопольным производителем. Как известно, скорость роста цен при монополии меньше ставки процента тогда и только тогда, когда эластичность спроса по цене растет с ростом цены. В противном случае скорость роста цены больше ставки процента, что приводит к появлению на рынке спекулянтов, которые снижают скорость роста до ставки процента. В дальнейшем мы будем полагать, что эластичность спроса

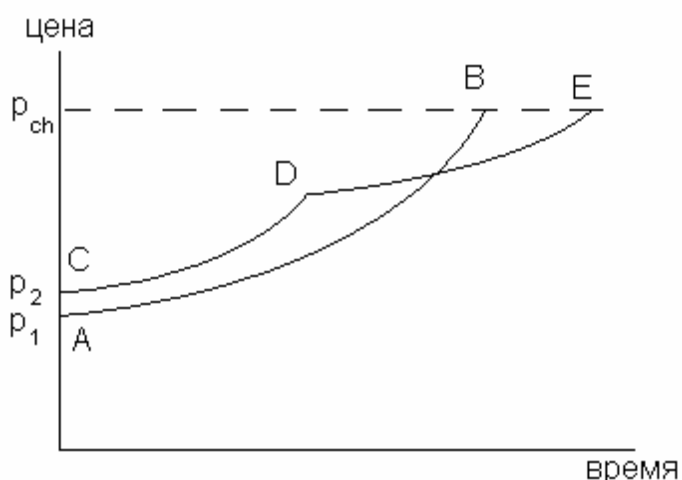


## Факторы формирования цен на нефть

по цене растет с ростом цены и, следовательно, скорость роста цен после ухода с рынка отдельных производителей меньше ставки процента.

Зная данные свойства равновесной траектории цен, мы можем ее изобразить. На рис.1 представлены траектории цен при совершенной конкуренции и в случае существования картели. На рис.  $P_{ch}$  – минимальная цена, при которой спрос равен 0; АВ – траектория цены при совершенной конкуренции; CDE – траектория цены при существовании картели; D – момент исчерпания ресурсов отдельных производителей.

Рис. 1. Траектории цен при совершенной конкуренции и картели



Очевидно, что прибыль производителей, образующих картель, больше в случае картели, т.к. траектория цен при совершенной конкуренции является доступной для картели. Кроме того, из рисунка видно, что прибыль отдельных производителей увеличилась от образования картели даже больше, чем прибыль производителей, образовавших картель. Данное утверждение следует из того, что отдельные производители добывают нефть только на интервале CD, в то время как картель вынуждена добывать нефть также и на интервале DE, где отношение цен при картели к ценам при совершенной конкуренции меньше, чем на интервале CD.

Отсюда мы приходим к выводу, что образование картели выгодно всем производителям, но у производителей нет стимулов, чтобы входить в картель. Кроме того, производители в картели имеют стимулы превышать объемы добычи, установленные картелью, чтобы увеличить объемы добычи на интервале CD за счет сокращения добычи на интервале DE. Следовательно, возникает два вопроса: какие

страны вступают в картель, и как картель борется с недисциплинированным поведением ее участников (т.е. превышением установленных квот на добычу).

### **2.2 Недисциплинированное поведение участников картели**

В том случае, когда производители не могут заключить формальный контракт о собственном поведении вследствие невозможности наказания, средством борьбы с недисциплинированностью членов картели являются так называемые ценовые войны. Это означает, что в случае обнаружения недисциплинированного поведения одного из членов картели остальные участники на время перестают координировать объемы добыч, образуя тем самым рынок с совершенной конкуренцией. Как было показано выше, это снижает прибыли всех участников рынка, в том числе и недисциплинированного. Таким образом, участник картели, решающий превысить или нет квоты, установленные картелью, должен сравнить дополнительную прибыль от превышения квот с издержками, которые он понесет в случае обнаружения его недисциплинированности. Картель в свою очередь должна организовывать свою деятельность так, чтобы прибыли от превышения квот были меньше издержек последующей ценовой войны.

В данном случае в зависимости от предпосылок мы можем получить существенно различные картины деятельности картели. Рассмотрим сначала модель, предложенную в работе Green and Porter(1984). В данной модели предполагается, что спрос на ресурс является стационарным стохастическим процессом, а картель не может непосредственно контролировать объемы добыч ее членов. В этой ситуации картель может предполагать недисциплинированное поведение своих участников только путем отслеживания динамики цены, причем уровень цен является зашумленным индикатором превышения квот в силу случайности спроса. Тогда естественно положить, что картель начинает ценовую войну при условии, что цена в предыдущем периоде опустилась ниже какого-то порогового значения. В случае, когда цена в предыдущем периоде оказалась выше порогового значения, картель не начинает ценовую войну и устанавливает объемы добыч таким образом, чтобы выровнять предельную прибыль от превышения квот и ожидаемые предельные потери от возможного начала ценовой войны. Пороговое значение цены картель устанавливает так, чтобы максимизировать собственную прибыль. Вопрос об оптимальном времени ценовой войны в данной работе не рассматривается.



## Факторы формирования цен на нефть

Таким образом, в данной модели будут попеременно существовать два состояния. Картель существует в первом состоянии, в то время как во втором на рынке наблюдается совершенная конкуренция. Существенным выводом данной модели является тот факт, что в первом состоянии предложение членов картеля не зависит от цены на ресурс. Это происходит потому, что во время установления объемов добычи картель еще не знает реализацию спроса.

Рассмотрим теперь модель, предложенную в статье Rotemberg and Saloner(1986). В данной модели предполагается, что картель точно знает стохастически меняющуюся стационарную функцию спроса. В случае недисциплинированного поведения картель распадается и на рынке образуется совершенная конкуренция. Для простоты полагается, что после распада картель уже не восстанавливается никогда. В данной модели в зависимости от того, какую переменную (цена/объемы добычи) фиксирует картель, оказываются различные выводы.

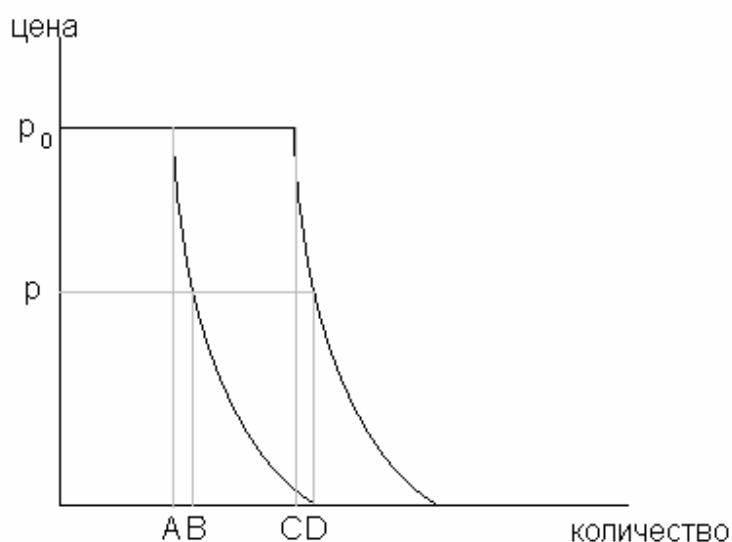
Допустим, что картель устанавливает цену, по которой должны продавать нефть ее участники. В этом случае недисциплинированный производитель может маргинально снизить цену, вследствие чего он получит всю прибыль картеля. Рассмотрим, что происходит при росте спроса. Если начальный спрос достаточно низок, когда выгоды от уклонения значительно меньше издержек наказания, рост спроса не увеличивает склонность к недисциплинированному поведению. В этом случае рост спроса приводит к росту цены и росту объемов добычи. С другой стороны, если дополнительный рост наблюдается при высоком спросе, а картель не меняет установленную цену нефти, то выгоды от уклонения также растут и могут превысить издержки от наказания. Поэтому картель вынуждена понижать цену и увеличивать объемы добычи, чтобы снизить стимулы для уклонения. Таким образом, в случае, когда картель фиксирует цену, рост спроса при низком спросе приводит к росту цены, а при высоком спросе к падению.

Посмотрим теперь, как изменятся выводы, если картель фиксирует не цену нефти, а объемы добычи участников. В этом случае недисциплинированный производитель не может получить всю прибыль картеля снижая цену. Для простоты допустим, что вследствие роста спроса остаточный спрос для производителя увеличился на одно и то же значение при каждой цене (рис. 2). Здесь  $p_0$  – цена, которая соответствует установленным картелью квотам на добычу. Из рисунка видно, что продажа нефти по любой цене  $p$ , меньшей  $p_0$ , дает больший выигрыш недисциплинированному производителю при низком спросе (выигрыш при низком



спросе:  $p_{AB} - (p_0 - p)OA$ , выигрыш при высоком спросе:  $p_{CD} - (p_0 - p)OC$ ). Это означает, что в данном примере рост спроса снижает стимулы для уклонения. Следовательно, рост спроса приводит к росту цены и объемов добычи.

Рис. 2



Тем не менее, авторы показали, что если функция спроса имеет вид:  $p = a + \varepsilon - bQ$  (здесь  $p$  — цена,  $Q$  — суммарные объемы добычи,  $\varepsilon$  — случайное возмущение), а предельные издержки линейны по объему добычи, то рост спроса приводит к увеличению стимулов для недисциплинированного поведения. Следовательно, картель вынуждена снижать цены и увеличивать объемы добычи при росте спроса.

Таким образом, мы показали, что неожиданный рост спроса увеличивает цену и не изменяет объемы добычи, в то время как ожидаемый рост спроса приводит к увеличению цены и объемов добычи при низком уровне спроса и падению цены и увеличению объемов добычи при высоком уровне спроса.

### 2.3 Вопрос об участии в картели

Рассмотрим теперь вопрос о том, какие производители будут участвовать в картели. Согласно модели Mason and Polasky(2005), предположим, что существует  $N$  производителей с запасами  $S_1 < S_2 < \dots < S_N$ . Будем искать равновесие в *closed-loop* стратегиях. В этом случае оптимизационная задача  $i$ -ого производителя имеет вид:





$$\begin{aligned} \max \sum_{t=0}^{\infty} \delta^t P(Q_t) q_{it} \\ \text{s.t.} : \sum_{t=0}^{\infty} q_{it} \leq S_i; q_{it} \geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь  $p(Q_t) = a - Q_t$  - обратная функция спроса,  $q_{it}$  - объем добычи производителем  $i$  в момент времени  $t$ ,  $Q_t$  - суммарный объем добычи в момент времени  $t$ ,  $\delta$  - дисконт-фактор. Как известно, решение данной задачи имеет вид:

$$a - q_{it} - Q_t \leq \lambda_i \delta^{-t}; q_{it} \geq 0; (a - q_{it} - Q_t - \lambda_i \delta^{-t}) q_{it} = 0 \quad (5)$$

Здесь  $\lambda_i$  - некоторые положительные числа. Покажем, что  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_N$ . Действительно, допустим, что это не так, например,  $\lambda_1 < \lambda_2$ . Предположим, что в момент времени  $t$  2-ой производитель добывает ресурс, т.е.  $q_{2t} > 0$ . Это означает, что  $q_{2t} = a - Q_t - \lambda_2 \delta^{-t}$ . Значит,  $a - Q_t - \lambda_1 \delta^{-t} > a - Q_t - \lambda_2 \delta^{-t} > 0$ . Отсюда следует, что 1-ый производитель также добывает ресурс в момент времени  $t$ , т.е.  $q_{1t} > 0$ . С другой стороны, если в момент времени  $t$  оба производителя добывают ресурс, то 1-ый добывает больше, т.к.  $q_{1t} = a - Q_t - \lambda_1 \delta^{-t} > a - Q_t - \lambda_2 \delta^{-t} = q_{2t}$ . Таким образом, мы заключаем, что суммарные объемы добычи 1-ого производителя больше объемов добычи 2-ого, что противоречит условию  $S_1 < S_2$ . Мы показали, что  $\lambda_1 > \lambda_2$ .

Покажем теперь, что существуют моменты времени  $T_1, T_2, \dots, T_N$  такие, что до момента времени  $T_1$  объемы добычи всех производителей положительны, от момента  $T_1$  до момента  $T_2$  объемы добычи 1-ого производителя равны 0, а всех остальных производителей положительны и т.д. Допустим, что в момент времени  $t$  производитель  $i$  не добывает ресурс, в то время как производитель  $i+1$  добывает. Это означает, что  $a - Q_t - \lambda_i \delta^{-t} < a - Q_t - \lambda_{i+1} \delta^{-t} < \dots < a - Q_t - \lambda_i \delta^{-t} < 0$ , т.е. производители  $1, 2, \dots, i-1$  также не добывают ресурс, а из неравенств  $0 < a - Q_t - \lambda_{i+1} \delta^{-t} < a - Q_t - \lambda_{i+2} \delta^{-t} < \dots < a - Q_t - \lambda_N \delta^{-t}$  следует, что производители  $i+2, i+3, \dots, N$  добывают ресурс. Суммарные объемы добычи в момент  $t$  тогда определяются формулой:

$$Q_t = \frac{N-i}{N+1-i} a - \frac{1}{N+1-i} (\lambda_{i+1} + \lambda_{i+2} + \dots + \lambda_N) \delta^{-t} \quad (6)$$

Подставляя это выражение в условие  $a - Q_t - \lambda_i \delta^{-t} < 0$ , получаем:



$$\frac{1}{N+1-i} a + \frac{1}{N+1-i} (\lambda_{i+1} + \lambda_{i+2} + \dots + \lambda_N - (N+1-i)\lambda_i) \delta^{-t} < 0 \quad (7)$$

Т.к.  $\lambda_{i+1} + \lambda_{i+2} + \dots + \lambda_N - (N+1-i)\lambda_i < 0$ , то данное неравенство выполнено также в любой момент после  $t$ . Отсюда следует, что пока производитель  $i+1$  добывает ресурс, производители  $1, 2, \dots, i$  не будут добывать ресурс. Из сказанного также следует, что после момента времени  $t$  первым прекратит добычу производить  $i+1$ . Отсюда мы можем заключить, что 1-ым прекращает добычу 1-ый производитель, спустя некоторое время прекращает добычу 2-ой производитель и т.д. Это и означает доказываемое утверждение.

Рассмотрим теперь момент времени  $t < T_1$ . Подставляя формулу (6) в формулу для объема добыч отдельного производителя, находим:

$$q_{it} = \frac{1}{N+1} \left( a + \left( \sum_{j=1}^N \lambda_j - (N+1)\lambda_i \right) \delta^{-t} \right) \quad (8)$$

Суммируя объемы добыч 1-ого производителя от  $t=0$  до  $t=T_1$ , получаем:

$$S_1 = \frac{T_1+1}{N+1} a + \frac{\left( \sum_{j=1}^N \lambda_j - (N+1)\lambda_1 \right) \left( \sum_{t=0}^{T_1} \delta^{-t} \right)}{N+1} \quad (9)$$

Кроме того, из неотрицательности объемов добыч 1-ого производителя следует:

$$a - Q_{T_1} - \lambda_1 \delta^{-T_1} = 0 \quad (10)$$

Записывая уравнения, аналогичные (9) и (10), для остальных производителей, мы получаем систему из  $2N$  уравнений и  $2N$  неизвестных. Решая ее, мы находим равновесные траектории объемов добыч для всех производителей.

Решение данной системы в общем виде, хотя и не вызывает технических трудностей, очень громоздко. Поэтому авторы статьи получили численное решение. Аналогично можно получить решение, когда некоторые производители объединяются и производят ресурс как единое целое.

Авторы численно показали, что дисконтированные прибыли одного производителя в случае, когда производители не объединяются, и в случае, когда все производители образуют единую картель (предполагается, что прибыли картели делятся пропорционально начальным запасам) в зависимости от его начальных запасов имеют вид, изображенный на рис. 3. Из рис.3 видно, что существует такой объем начальных запасов  $S_0$ , при котором прибыль производителя в случаях картели и отдельных производителей одинакова. При начальных запасах  $S_j < S_0$  прибыли больше в



## Факторы формирования цен на нефть

случае отдельных производителей. Наоборот, при начальных запасах  $S_2 > S_0$  прибыли больше в случае картели.

Отсюда мы приходим к выводу, что достаточно малые производители не имеют стимулов присоединяться к картели, в то время как производители с большими начальными запасами хотят стать членами картели. Это означает, что малые производители согласятся стать членами картели только при условии, что они будут получать большую часть прибыли картели, чем полагается при пропорциональном делении. Таким образом, картель несет некоторые издержки от членства в ней малых производителей.

Рис. 3

Дисконтированная прибыль



Рассмотрим теперь прибыль картели от включения в свои члены малого производителя. Авторы данной модели показали, что разность прибылей членов картели в случае присоединения малого производителя (полагается, что картель выплачивает малому потребителю сумму, которую он заработал бы не присоединившись к картели) и в случае, когда малый производитель работает отдельно, возрастает по мере роста начальных запасов малого производителя. Это означает, что чем меньше объем начальных запасов отдельного производителя, тем, с одной стороны, меньше прибыль картели от присоединения этого производителя и тем, с другой стороны, выше издержки его присоединения. Отсюда мы можем заключить, что в действительности картель должны составлять производители с достаточно большими начальными запасами.



## 2.4 Выбор модели олигополии для ОПЕК

Оригинальный способ оценки, какая из моделей олигополии наилучшим образом описывает поведение ОПЕК, предложен в работах Smith(2002,2003). Предположим, что существует  $N$  производителей. Функция предельных издержек производителя  $i$  задается формулой:

$$c_i = a_i + bq_i \quad (11)$$

Здесь  $q_i$  – объем добыч производителем  $i$ . Пусть для простоты обратная функция спроса на ресурс определяется уравнением:

$$P = D - Q \quad (12)$$

Где  $Q$  – суммарные объемы добыч ( $Q = \sum_{i=1}^N q_i$ ). Рассмотрим рынок с совершенной конкуренцией. В этом случае отдельные производители не могут влиять на цену. Следовательно, каждый производитель устанавливает такой объем добыч, при котором предельные издержки равны цене:

$$a_i + bq_i = P \quad (13)$$

Равновесный выпуск производителя  $i$  тогда определяется формулой:

$$q_i = \frac{bD - (b + N - 1)a_i + \sum_{j \neq i} a_j}{b(b + N)} \quad (14)$$

Предположим теперь, что постоянные предельные издержки  $a_i$  в каждом периоде являются случайной величиной, обладающей следующими свойствами:

$$E(\Delta a_i) = 0; \quad E(\Delta a_i^2) = \sigma^2; \quad E(\Delta a_i \Delta a_j) = 0 \quad \text{для всех } i \neq j \quad (15)$$

Здесь  $\Delta a_i$  обозначает приращение постоянных предельных издержек производителя  $i$  за период. Тогда мы можем записать:

$$\Delta q_i = -\frac{b + N - 1}{b(b + N)} \Delta a_i + \frac{1}{b(b + N)} \sum_{j \neq i} \Delta a_j \quad (16)$$

Из этого уравнения и из условий (15) следует, что корреляция между приростами выпусков двух производителей задается формулой:

$$\rho = \frac{E(\Delta q_i \Delta q_j)}{\sqrt{E(\Delta q_i^2) E(\Delta q_j^2)}} = -\frac{2b + N}{(b + N - 1)^2 + (N - 1)} \quad (17)$$

Отсюда видно, что при стремлении количества производителей к бесконечности ( $N \rightarrow \infty$ ), корреляция между приростами выпусков производителей равна 0.

Аналогично можно показать, что



## Факторы формирования цен на нефть

$$\rho_{cartel} < \rho_{be} < \rho_{stackelberg} < \rho_{cournot} < \rho_{perfcomp} = 0 \quad (18)$$

Здесь *cartel* подразумевает равновесие, в котором производители, объединенные в картель, максимизируют общую прибыль; *be* – равновесие Бертрана-Эджворта; *stackelberg* – равновесие Штакельберга; *cournot* – равновесие Курно; *perfcomp* – равновесие при совершенной конкуренции.

Кроме того, можно выделить равновесие, при котором решения картели об изменениях пропорций объемов добыч для стран-участников картели связано с существенными переговорными издержками. В этом случае естественно считать, что объемы добыч членов картели меняются синхронно. Поэтому положим:

$$\rho_{frictcartel} > 0 \quad (19)$$

Для определения модели ОПЕК использовались месячные и квартальные объемы производств отдельными странами за период с января 1973 по декабрь 2001 года. Результаты в данных выборках оказались похожими. На первом шаге были построены выборочные корреляции приростов объемов добыч за период для всевозможных пар стран отдельно до марта 1983 и после. На втором шаге была методом WLS оценена следующая регрессия:

$$\ln \frac{f_{ij}}{1 - f_{ij}} = \alpha + \beta_1 OPEC_{ij} + \beta_2 QUOTA_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (20)$$

Здесь  $f_{ij}$  – доля периодов, в которых знаки приростов объемов добыч стран  $i$  и  $j$  были противоположными; *OPEC* – дамми-переменная, значение которой равно 1, если обе страны входят в ОПЕК, и равно 0 в остальных случаях; *QUOTA* – дамми-переменная, значение которой равно 1 после марта 1983 при условии, что обе страны входят в ОПЕК, и равно 0 в остальных случаях. В качестве наблюдений  $ij$  данной регрессии были взяты только те пары, в которых либо обе страны принадлежат ОПЕК, либо обе страны не принадлежат ОПЕК.

В данной регрессии оказалось, что коэффициент  $\beta_1 < 0$  и статистически значим. Это говорит о том, что в среднем за весь рассмотренный период объемы добыч членов ОПЕК менялись значительно более однонаправлено, чем объемы добыч стран, не входящих в ОПЕК. В предположении, что производство нефти странами, не входящими в ОПЕК, совпадает с равновесием на рынке с совершенной конкуренцией, мы можем заключить, что единственной моделью, которая по выбранной классификации совпадает с наблюдаемым поведением членов ОПЕК, является картель с высокими переговорными издержками. Отметим, что однонаправленные изменения у



членов картели наблюдаются в 33.0% случаев, в то время как у стран, не входящих в картель, они наблюдаются в 45.8% случаев.

Кроме того, коэффициент  $\beta_2 < 0$  и также статистически значим. Из данного наблюдения мы можем заключить, что после введения системы квот изменения объемов добычи стран-участников ОПЕК стали более синхронизованными, что может интерпретироваться как увеличение издержек переговоров по изменению долей производства.

Отметим, что согласно данной модели изменения объемов добычи отдельных стран связаны исключительно с независимыми изменениями функций предельных издержек. Тем не менее, такие факторы как изменение спроса и технологический прогресс оказывают одинаковое влияние на объемы добычи всех производителей. Поэтому теоретически мы можем ожидать, что реальные корреляции смещены в сторону больших значений. К счастью, данное смещение не оказывает влияния на выводы из эмпирических исследований, т.к. авторы сравнивают корреляции для стран ОПЕК с корреляциями для остальных стран. Такое сравнение имеет смысл благодаря тому, что в первом приближении смещения корреляций одинаковы для всех моделей.

### 2.5 Предложение нефти ОПЕК

Одной из наиболее распространенных среди моделей функции предложения стран ОПЕК является теория намеченных доходов (*target revenue theory*). Согласно данной теории, члены ОПЕК добывают такое количество нефти, что доходы от ее продажи равны инвестиционным нуждам страны. Таким образом, строгая версия теории намеченных доходов утверждает, что выполнено следующее равенство:

$$QP = I \quad (21)$$

Здесь  $Q$  – объем добычи,  $P$  – цена нефти,  $I$  – инвестиционные нужды. Из этого уравнения следует вывод для эконометрической проверки гипотезы:

$$\ln Q = \alpha + \beta \ln P + \delta \ln I \quad (22)$$

Согласно строгой версии теории намеченных доходов, ( $\beta = -1$ ) и ( $\delta = 1$ ). Нестрогая версия теории намеченных доходов полагает, что ( $\beta < 0$ ) и ( $\delta > 0$ ).

Для проверки этой теории Ramcharran(2001) на годовых данных с 1973 по 2000 годы для каждого члена ОПЕК оценил следующую регрессию:

$$Q_{it} = \alpha_i + \beta_i P_t + \delta_i BUD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (23)$$



## Факторы формирования цен на нефть

Здесь  $Q_{it}$  – объем добычи страной  $i$  в момент времени  $t$ ;  $P_t$  – мировая цена нефти в момент времени  $t$ ;  $BUD_{it}$  – профицит государственного бюджета страны  $i$  в момент времени  $t$ .

Для большинства стран (исключая Ирак) коэффициент  $\delta$  оказался положителен, но статистически незначим. Отсюда автор сделал вывод, что как строгая, так и нестрогая версии теории намеченных доходов должны быть отвергнуты. Тем не менее, коэффициент  $\beta$  оказался отрицателен и статистически значим для Алжира, Эквадора, Ирана, Кувейта, Ливии, Нигерии и Венесуэлы. На этом основании автор заключает, что гипотеза совершенной конкуренции должна быть также отвергнута для стран ОПЕК.

Отметим, что выводы данной работы могут оказаться неверными по следующим причинам. Во-первых, рассмотрим связь объемов добычи и дефицита государственного бюджета. С одной стороны, из теории намеченных доходов следует, что чем больше дефицит, тем больше при данной цене должны быть объемы добычи нефти, прибыли от продажи которой используются для покрытия дефицита. С другой стороны, чем выше объемы добычи и, соответственно, продаж, тем при данной цене больше доходы бюджета и меньше дефицит. Таким образом, мы видим, что кроме связи, предполагаемой теорией намеченных доходов, существует противонаправленная связь, которая имеет противоположный эффект. Поэтому оценка такого рода модели не дает оснований для выводов о влиянии дефицита государственного бюджета на объемы добычи.

Во-вторых, рассмотрим связь объемов добычи и цены на нефть. Очевидно, что данная оценка функции предложения нефти имеет смысл только при условии, что функция предложения не менялась со временем. Если, например, допустить, что функция предложения менялась со временем, в то время как неизменной оставалась функция спроса на нефть данной страны, то данная регрессия дает именно функцию спроса, а не функцию предложения. В этом случае отрицательный коэффициент перед ценой означает лишь то, что спрос отрицательно зависит от цены. Отсюда следует, что данная регрессия не дает никаких оснований для выводов о функции предложения.

Чтобы преодолеть рассмотренную сложность, Kauffman() использовал понятие причинности по Гренжеру. На первом шаге авторы на квартальных данных с 1-ого квартала 1986 по 4-ый квартал 2003 годы для каждой страны-члена ОПЕК оценили методом OLS модель:

$$\ln Q_{it} = \alpha_i + \beta_i \ln P_t + \beta_{3i} \ln Q_{it}^{OO} + \beta_{4i} \ln Quota_{it} + \mu_{it} \quad (24)$$





## Факторы формирования цен на нефть

Здесь  $Q_{it}$  – объем добычи страной  $i$  в момент времени  $t$ ;  $P_t$  – цена на нефть в момент времени  $t$ ;  $Q_{it}^{OO}$  – суммарный объем добычи стран ОПЕК за исключением страны  $i$  в момент времени  $t$ ;  $Quota_{it}$  – квота на объем добычи нефти для страны  $i$  в момент времени  $t$ . Учитывая то, что большинство переменных в данной регрессии являются интегрированными 1-ого порядка, авторы в каждом случае проверяли остатки на стационарность с целью избежать кажущихся регрессий. Авторы показали, что во всех случаях коинтеграционное соотношение существует.

На втором шаге авторы использовали остатки данной регрессии для построения модели коррекции ошибок. В случае каждой страны оцениваемое уравнение регрессии имело вид:

$$\begin{aligned} \Delta \ln Q_{it} = & \eta_{it} + \rho_i \mu_{i(t-1)} + \sum_{j=1}^{s_1} \delta_{ij} \Delta \ln Q_{i(t-j)} + \\ & + \sum_{j=1}^{s_2} \phi_{ij} \Delta \ln P_{t-j} + \sum_{j=1}^{s_3} \pi_{ij} \ln Q_{i(t-j)}^{OO} + \sum_{j=1}^{s_4} \psi_{ij} \ln Quota_{i(t-j)} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (25)$$

Количество лагов в модели определялось с помощью Акаике критерия. В данной модели мы можем говорить, что цена на нефть, квоты и объемы добычи другими членами ОПЕК являются причинами по Гренжеру для объема добычи данной страны  $i$ , если данные переменные значимы в регрессии (24) и, кроме того, коэффициент  $\rho_i$  в регрессии (25) отрицателен и статистически значим.

Кроме того, авторы исследовали данную эконометрическую модель на наличие несимметричного влияния переменных на объемы добычи. Для исследования несимметричности, например, изменений квот авторы вводят 2 дополнительные переменные  $\tau_{it}^+$  и  $\tau_{it}^-$ , которые определяются следующим образом:

$$\tau_{it}^+ = \begin{cases} \mu_{it}, & \text{если } \Delta Q_{it} > 0 \\ 0, & \text{если } \Delta Q_{it} < 0 \end{cases} \quad \tau_{it}^- = \begin{cases} 0, & \text{если } \Delta Q_{it} < 0 \\ \mu_{it}, & \text{если } \Delta Q_{it} > 0 \end{cases} \quad (26)$$

Затем для каждой страны авторы строят следующую регрессию:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{it} = & \eta_{it} + \rho_i^+ \tau_{i(t-1)}^+ + \rho_i^- \tau_{i(t-1)}^- + \sum_{j=1}^{s_1} \delta_{ij} \Delta Q_{i(t-j)} + \sum_{j=1}^{s_2} \phi_{ij} \Delta P_{t-j} + \sum_{j=1}^{s_3} \pi_{ij} Q_{i(t-j)}^{OO} + \\ & + \sum_{j=1}^{s_4} \psi_{ij} Quota_{i(t-j)} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (27)$$

Гипотеза о симметричности влияния означает  $\rho_i^+ = \rho_i^-$ .



## Факторы формирования цен на нефть

Авторы установили, что коэффициент перед коинтегрирующим соотношением отрицателен и статистически значим для всех стран кроме Венесуэлы. Кроме того, коэффициент  $\beta_4$  в уравнении (24) статистически значим и положителен во всех случаях. Это означает, что ОПЕК действительно может, хотя и не полностью, контролировать объемы добычи своих членов через устанавливаемые квоты. Коэффициент  $\beta_1$  оказался незначим для Алжира, Индонезии и Ирана, откуда мы можем сделать вывод, что объемы добычи этих стран в долгосрочном периоде не зависят от цены на нефть, т.е. кривая предложения этих стран вертикальна. Для остальных стран данный коэффициент положителен и статистически значим, что противоречит выводам выше рассмотренной работы Ramcharan(2001). Коэффициент перед объемом добычи другими странами ОПЕК положителен и статистически значим для большинства стран. Отсюда мы можем заключить, что большинство стран ОПЕК синхронно меняют свой выпуск в ответ на изменение выпуска другими странами даже в условиях, когда цена на нефть и квота для данной страны не меняется.

Для большинства стран нулевая гипотеза о симметричности влияния рассматриваемых переменных на объемы добычи не может быть отвергнута. Тем не менее, можно отметить, что для Индонезии и Ирана несимметричен краткосрочный эффект изменения цен, а для Алжира несимметричен краткосрочный эффект изменения квоты. Для Ирана рост цены в краткосрочном периоде вызывает более быстрый рост объема добычи, чем падение цен вызывает падение производства. Для Индонезии объем добычи падает быстрее при падении цены, чем растет при росте цены. Алжир быстрее сокращает объем добычи при сокращении квоты, чем увеличивает объем добычи при увеличении квоты.

Yang (2004, chapter 2) показал, что в уравнении (24) оценки коэффициентов являются несостоятельными, т.к. в этом уравнении цена на нефть и объемы добычи другими странами ОПЕК являются эндогенными переменными, что приводит к коррелированности этих переменных и остатков. Поэтому автор предложил использовать для оценки функции предложения стран ОПЕК двухступенчатый МНК. Предложенная автором модель состоит из 3 типов уравнений.

Первое уравнение задает функцию мирового спроса на нефть:

$$\ln Q_{wt} = w_0 + w_1 \ln P_t + w_2 \ln GDP_t + w_3 \ln Q_{wt-1} + \varepsilon_{wt} \quad (28)$$

Здесь  $GDP_t$  – мировой выпуск в момент времени  $t$ . Таким образом, предполагается, что спрос на нефть является функцией не только цен на нефть, но и функцией мирового



выпуска и спроса в предыдущий момент времени. Зависимость спроса от мирового выпуска объясняется тем, что с ростом мирового выпуска как правило растет и сектор, потребляющий нефть. Включение спроса в предыдущий момент времени связано с инертностью потребления нефти.

Второй тип уравнений задает функцию предложения нефти странами, не входящими в ОПЕК:

$$\ln S_{nt} = n_0 + n_1 \ln P_t + n_2 \ln S_{nt-1} + \varepsilon_{nt} \quad (29)$$

Предполагается, что предложение стран, не входящих в ОПЕК, зависит от их предложения в предыдущий момент времени, т.к. добыча нефти в этих странах как правило ограничивается существующими мощностями, вследствие чего эти страны не могут мгновенно наращивать объемы добыч.

Третий тип уравнений задает функцию предложения каждой из стран ОПЕК. Учитывая тот факт, что страны ОПЕК согласуют между собой объемы добыч, авторы предполагают следующую функцию предложения этих стран:

$$\ln S_{it} = \alpha_i + \gamma_i \ln P_t + \beta_i \ln S_{nit} + \varepsilon_{it} \quad (30)$$

Здесь индекс  $i$  обозначает номер страны ОПЕК;  $S_{nit}$  – объемы добыч странами ОПЕК за вычетом добычи страной  $i$  в момент времени  $t$ . В данных функциях предложений предполагается, что предложение не зависит от предложения в предыдущий момент времени, т.к. мощности по добыче нефти в странах ОПЕК не являются ограничивающими, вследствие чего ОПЕК может мгновенно менять объемы добыч.

Наконец, последнее уравнение говорит о том, что рынок находится в равновесии:

$$Q_{wt} = S_{nt} + \sum_{i=1}^{11} S_{it} \quad (31)$$

Как известно, в данной модели мы не можем использовать МНК для оценки предложения стран ОПЕК напрямую из уравнения (30), поэтому для оценки данной функции требуются инструменты для переменных  $P_t$  и  $S_{nit}$ . В качестве инструментов для цены на нефть  $P_t$  авторы предлагают использовать переменные  $S_{nt-1}$ ,  $GDP_t$  и  $Q_{wt-1}$ . В качестве инструмента для  $S_{nit}$  авторы используют переменную  $S_{nit-1}$ .

Рассмотренные функции предложения стран ОПЕК были оценены на квартальных данных на интервале с 1-ого квартала 1984 по 4-ый квартал 2000гг. Кроме того, для сравнения функции предложения стран ОПЕК были оценены с помощью МНК. Оказалось, что для большинства стран гипотеза о равенстве соответствующих коэффициентов не может быть отвергнута на стандартных уровнях значимости. Тем не

менее, важным исключением в данном случае является Саудовская Аравия. 2-ступенчатый МНК говорит о том, что коэффициент перед ценой на нефть  $\gamma_i$  для Саудовской Аравии отрицателен и статистически значим, в то время как МНК предполагает, что этот коэффициент незначим. Заметим, что такой результат является вполне закономерным, если учесть, что Саудовская Аравия обладает наибольшими запасами нефти и является самым значимым игроком на мировом рынке нефти. Отсюда авторы заключают, что 2-ступенчатый МНК в данной модели дает лучшие результаты по сравнению с обычным МНК.

По оценкам функций предложения стран ОПЕК автор выделил 3 группы стран внутри ОПЕК:

Лидер картели и остаточный производитель: Саудовская Аравия ( $\gamma < 0; \beta \approx 1$ )

Участники с постоянной долей: Иран, Кувейт, Ливия, Катар, Венесуэла и ОАЭ ( $\gamma = 0; \beta \approx 1$ )

Участники с переменной долей: Нигерия, Алжир и Индонезия ( $\gamma > 0; \beta \in (0; 1)$ )

Саудовская Аравия – единственная страна, чьи объемы добычи нефти отрицательно зависят от цены на нефть, что согласуется с гипотезой о том, что Саудовская Аравия выступает в роли остаточного производителя. В этом случае постоянная доля в объемах добычи всей ОПЕК ( $\beta \approx 1$ ) может использоваться как механизм поддержания устойчивости картели: если какая-либо страна решит существенно превысить установленные для нее квоты, Саудовская Аравия также увеличит объемы добычи, что приведет к снижению цены на нефть. Такой механизм предупреждает недисциплинированное поведение остальных членов картели.

Вторая группа стран внутри ОПЕК – это страны, чьи объемы добычи определяются постоянной долей в суммарных объемах добычи ОПЕК и не зависят от цены на нефть. Это страны с достаточно большими запасами нефти, которым, как и Саудовской Аравии, выгодно стабильное существование картели.

Нигерия, Алжир и Индонезия образуют третью группу стран внутри ОПЕК. Поведение этих стран напоминает поведение конкурентных производителей ( $\gamma > 0$ ), хотя они и учитывают доли в суммарных объемах добычи странами ОПЕК. Это страны со сравнительно низкими запасами нефти, вследствие чего участие в картели для них наименее выгодно по сравнению с другими странами ОПЕК. Кроме того, эти страны имеют достаточно большое население, низкий ВВП на душу населения и высокие



инвестиционные нужды, что также приводит к желанию этих стран к получению большей прибыли сегодня за счет сокращения будущих прибылей.

Yang (2004, chapter 3) использовал теоретическую модель Green and Porter (1984) для эконометрической оценки функций предложения стран ОПЕК. Согласно данной модели каждая страна ОПЕК может находиться в одном из двух состояний (конкурентное и согласованное), причем каждое состояние имеет собственную функцию предложения. Автор положил, что функция предложения страны  $i$  имеет вид:

$$\ln Q_{it} = (1 - S_{it})(\alpha_{i1}^0 + \alpha_{i2}^0 \ln P_t + \alpha_{i3}^0 \ln Q_{nit}) + S_{it}(\alpha_{i1}^1 + \alpha_{i2}^1 \ln P_t + \alpha_{i3}^1 \ln Q_{nit}) + \beta_{i1} R_{it} + \beta_{i2} I_{it} + \varepsilon_{it} \quad (32)$$

Здесь  $S_{it}=0$  или 1 – возможные состояния страны  $i$  в момент времени  $t$ ;  $R_{it}$  – запасы нефти;  $I_{it}$  – инвестиционные нужды.

Процесс  $S_{it}$  является Марковской цепью с матрицей переходных вероятностей:

$$\Pr = \begin{bmatrix} \Pr_{it}^{00} & \Pr_{it}^{01} = 1 - \Pr_{it}^{00} \\ \Pr_{it}^{10} & \Pr_{it}^{11} = 1 - \Pr_{it}^{10} \end{bmatrix} \quad (33)$$

Здесь  $\Pr_{it}^{km}$  – вероятность в момент времени  $t$  стране  $i$  оказаться в состоянии  $m$  при условии, что в момент времени  $t-1$  страна находилась в состоянии  $k$ .

Автор предположил, что переходные вероятности задаются следующими формулами:

$$\Pr_{it}^{00} = \frac{\exp(\gamma_i h_{it})}{1 + \exp(\gamma_i h_{it})} \quad \Pr_{it}^{11} = \frac{\exp(\delta_i h_{it})}{1 + \exp(\delta_i h_{it})} \quad (34)$$

Где  $h_{it}$  – вектор, координаты которого составляют константа, процентное изменение цены на нефть в прошлом периоде, ВВП стран ОЭСР в данный момент времени, суммарное изменение нарушения квоты всеми странами ОПЕК за исключением страны  $i$ , номинальный обменный курс национальной валюты по отношению к доллару США.

Как было показано выше, рост ВВП стран OECD может как увеличивать вероятность перехода в конкурентное состояние (модель Rotemberg), так и уменьшать (модель Green). Падение цены на нефть согласно модели Green может увеличивать вероятность перехода в конкурентное состояние в случае, когда ОПЕК не может полностью наблюдать нарушение квот. Падение номинального обменного курса также может увеличивать вероятность перехода в конкурентное состояние, т.к. для стран ОПЕК экспорт нефти является основным источником “твердой” валюты.

В силу того, что состояния стран являются ненаблюдаемыми, для оценки предложенной модели автор использовал метод наибольшего правдоподобия с



помощью кальмановского фильтра (MLE filter algorithm). Отметим, что оценки данной модели могут оказаться несостоятельными, т.к. в уравнении (32) цена на нефть и сумма объемов добыч всех стран ОПЕК за исключением страны  $i$  являются эндогенными. Тем не менее, автор не использовал инструментальные переменные, т.к. это привело бы к существенному росту количества оцениваемых переменных. Данная модель была оценена для всех стран за исключением Кувейта и Ирака на помесечных данных, т.к. квартальные и годовые данные могут “не разглядеть” конкурентных периодов в силу их малости.

Автор показал, что для всех стран гипотеза о равенстве функций предложения в обоих состояниях отвергается на стандартных уровнях значимости. Для семи из девяти стран гипотеза о постоянных переходных вероятностях также отвергается на стандартных уровнях значимости.

Страны, добывающие нефть из Персидского залива (Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Катар), проводят большую часть времени в режиме, при котором  $\alpha_2 = 0$   $\alpha_3 = 1$ , т.е. объемы добыч этих стран не зависят от цены на нефть и составляют постоянную долю от суммарных объемов добыч странами ОПЕК. Тем не менее, в отличие от Объединенных Арабских Эмиратов и Катара, которые во втором состоянии ведут себя конкурентно, для Саудовской Аравии во втором состоянии коэффициент  $\alpha_3$  значимо больше 1. Отметим, что вероятность того, что Саудовская Аравия перейдет во второе состояние увеличивается по мере падения цен, увеличения превышения квот и падения ВВП стран OECD, что согласуется с моделью Green. Таким образом, второе состояние Саудовской Аравии используется для поддержания стабильности картели. Действительно, Саудовская Аравия во втором состоянии в случае падения спроса на нефть сокращает свой объем добыч больше, чем другие страны ОПЕК, тем самым поддерживая цены на нефть и стабильность картели. С другой стороны, второе состояние Саудовской Аравии является механизмом поддержания дисциплинированности остальных стран ОПЕК, т.к. превышение квот другими участниками картели приведет к значительному увеличению объемов добыч Саудовской Аравии, что вызовет падение цен и доходов недисциплинированных стран.

Иран, Ливия, Венесуэла и Индонезия проводят большую часть времени в режиме, при котором  $\alpha_2 = 0$   $\alpha_3 \in (0;1)$ , т.е. объемы добыч данными странами не зависят от цены на нефть и составляют уменьшающуюся по мере роста объемов добыч долю суммарных объемов добыч ОПЕК. Во втором состоянии объемы добыч значимо



увеличиваются по мере роста цены на нефть и положительно зависят от объемов добыч другими странами ОПЕК, т.е. данное состояние этих стран можно рассматривать как частично конкурентное.

Алжир и Нигерия большую часть времени проводят в режиме, когда объем добыч положительно зависит от цены на нефть и от объемов добыч других остальных стран ОПЕК. Таким образом, поведение этих стран большую часть времени согласуется с частично конкурентным.

## 2.6 Влияние ОПЕК на мировые цены на нефть

Учитывая огромную роль стран ОПЕК в мировой добыче нефти можно предположить, что поведение ОПЕК влияет на динамику цен на нефть. Kauffman(...) исследовал зависимость мировых цен на нефть от квот (*Quota*), установленных внутри ОПЕК, превышения добыч над квотами странами ОПЕК (*Cheat*), запасов нефти в странах ОЭСР (количество дней, на которые хватит собственных запасов ОЭСР – переменная *Days*), загруженности мощностей по добыче нефти в странах ОПЕК (отношение текущих объемов добыч к максимальным объемам добыч – переменная *Caputil*).

Авторы показали, что все рассмотренные переменные (в работе использовались квартальные переменные за период с 1-ого квартала 1986 по 4-ый квартал 2000гг) являются интегрированными первого порядка (I(1)). Поэтому использовалась модель коррекции ошибок. На первом шаге методом *OLS* была оценена регрессия:

$$P_t = \alpha + \beta_1 Days_t + \beta_2 Quota_t + \beta_3 Cheat_t + \beta_4 Caputil_t + \beta_5 Q1_t + \beta_6 Q2_t + \beta_7 Q3_t + \beta_8 War_t + \mu_t \quad (35)$$

Здесь  $P_t$  – мировая цена нефти в момент времени  $t$ ;  $Q1$ ,  $Q2$ ,  $Q3$  – дамми-переменные для 1-ого, 2-ого и 3-его кварталов соответственно;  $War$  – дамми-переменная для войны в Персидском заливе (3-ий и 4-ый кварталы 1990 года). Для избежания получения кажущихся регрессий авторы показали, что остатки в данной регрессии являются стационарными.

На втором шаге остатки данной регрессии использовались для построения модели коррекции ошибок:

$$\Delta P_t = \kappa + \rho \mu_{t-1} + \sum_{j=1}^{s_1} \lambda_{1j} \Delta Days_{t-j} + \sum_{j=1}^{s_2} \lambda_{2j} \Delta Quota_{t-j} + \sum_{j=1}^{s_3} \lambda_{3j} \Delta Cheat_{t-j} + \sum_{j=1}^{s_4} \lambda_{4j} \Delta Caputil_{t-j} + \sum_{j=1}^{s_5} \lambda_{5j} \Delta P_{t-j} + \varepsilon_t \quad (36)$$





## Факторы формирования цен на нефть

Количество лагов в данной регрессии выбиралось по Akaike критерию.

Авторы показали, что коэффициент  $\rho$  в данной модели отрицателен и статистически значим. Этот вывод согласуется с гипотезой, согласно которой рассматриваемые переменные определяют долгосрочную цену на нефть, причем отклонение от долгосрочного равновесия корректируется в краткосрочном периоде.

Кроме того, авторы установили, что коэффициенты  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  и  $\beta_3$  отрицательны и статистически значимы. Это означает, что чем выше запасы нефти в странах ОЭСР, чем выше установленные квоты и чем выше превышение объемов добычи над этими квотами, тем ниже долгосрочные мировые цены на нефть. Коэффициент  $\beta_4$  положителен и статистически значим, что согласуется с гипотезой о том, что на рассматриваемом временном интервале ОПЕК выступал как остаточный продавец. Чем выше уровень использования мощностей по добыче внутри стран ОПЕК, тем выше спрос мирового рынка на нефть ОПЕК по сравнению с мощностями ОПЕК, тем выше “напряженность” рынка, что в свою очередь является сигналом для ОПЕК о возможности повышения цен без потери доли рынка.



### 3 Способы прогнозирования цен на нефть

#### 3.1 Структурный подход к анализу мирового рынка нефти

Предложение нефти странами ОПЕК было описано в предыдущем подразделе. Поэтому данный подраздел состоит из трех частей. Первая часть предлагает подход к описанию предложения нефти странами, не входящими в ОПЕК, вторая – описывает особенности спроса на нефть, третья – связывает отдельные части структуры рынка нефти в общую модель.

##### 3.1.1 Предложение нефти странами, не входящими в ОПЕК

Kaufmann(1991) предложил следующий способ оценки функций предложения стран, не входящих в ОПЕК. Впервые этот метод был применен авторами для оценки функции предложения нефти в США. Авторы предположили, что в долгосрочном периоде предложение имеет вид:

$$R_t = \frac{R_\infty}{1 + ae^{-bt}} \quad (37)$$

Здесь  $R_t$  – объем нефти, добытой к моменту времени  $t$ ;  $R_\infty$  - объем нефти в месторождении. Данный вид функции объемов добыч предполагает, что объем добыч растет на начальном периоде по мере развития месторождения, в какой-то момент достигает пика и сокращается до нуля в последующем периоде по мере исчерпания нефти в месторождении.

На первом шаге задается какое-либо значение объема нефти в месторождении  $R_\infty$ , а коэффициенты  $a$  и  $b$  оцениваются методом OLS из следующей регрессии:

$$\ln\left(\frac{R_\infty}{R_t} - 1\right) = \ln a - bt + \varepsilon_t \quad (38)$$

На втором шаге строится величина отклонения реальных объемов добыч от долгосрочных:

$$D_t = \frac{Q_t - LQ_t}{LQ_t} \quad (39)$$

Здесь  $Q_t$  – реальный объем добыч в момент времени  $t$ ;  $LQ_t = R_t - R_{t-1}$  - долгосрочный объем добыч.

На третьем шаге данное отклонение используется в качестве зависимой переменной в регрессии:

$$D_t = \alpha + \beta_1 P_{t,1-2} + \beta_2 P_{t,3-5} + \beta_3 OG_t + \beta_4 TRC_t + \beta_5 PC_t + \varepsilon_t \quad (40)$$

Здесь  $P_{t,1-2}$  – средняя цена на нефть в периоды  $t-1$  и  $t-2$ ;  $P_{t,3-5}$  – средняя цена на нефть за периоды  $t-3$ ,  $t-4$ ,  $t-5$ ;  $OG_t$  – отношение цены на нефть к цене на природный газ;  $TRC_t$  – доля мощностей, которые разрешено использовать Техасской Дорожной Комиссией;  $PC_t$  – дамми-переменная, значение которой равно 0 до пика долгосрочного производства и долгосрочному объему добычи после пика.

Затем данная процедура прodelывается снова для всевозможных значений объемов нефти в месторождениях  $R_\infty$  и выбирается та модель, которая дает максимальное значение  $R^2$  в регрессии (40).

Таким образом, данная эконометрическая модель описывает как физические свойства месторождения (уравнение долгосрочных объемов производства), так и экономическое влияние на объемы добычи (уравнение регрессии для отклонения реальных объемов добычи от долгосрочных).

Авторы установили, что получаемые в данной модели оценки суммарных запасов нефти достаточно хорошо согласуются с реальными запасами. Это говорит о том, что данная модель дает хорошие долгосрочные прогнозы объемов добычи. Поэтому в нашей работе для построения прогнозов объемов добычи странами, не входящими в ОПЕК, мы будем использовать именно данный метод.

Кроме того, авторы установили, что коэффициенты  $\beta_1$  и  $\beta_2$  в уравнении (40) положительны и значимы. Это означает, что с ростом цены на нефть добыча странами, не входящими в ОПЕК, возрастает.

### 3.1.2 Спрос на нефть

Стандартным предположением о виде функции спроса на нефть является тот факт, что спрос на нефть какой-либо страны зависит не только от цены на нефть, но и от ВВП страны. Кроме того, Gately and Huntington(2001) указали, что зависимости спроса от цены на нефть и от ВВП обладают следующими свойствами:

- рост и падение цены могут иметь несимметричные эффекты на спрос; это означает, что если, например, цена на нефть сначала падает, а затем поднимается до первоначального значения, то спрос может не вернуться к первоначальному значению
- рост и падение ВВП также могут иметь несимметричные эффекты на спрос; как и в случае цен, это означает, что колебания ВВП вызывают смещение спроса

## Факторы формирования цен на нефть

- скорости приспособления спроса к изменениям цен и к изменениям ВВП могут быть не равны.

Для того чтобы разделить скорости приспособлений к изменениям цены и изменениям ВВП авторы предложили следующую спецификацию функции спроса:

$$Q_t = k(1 - \theta_p)(1 - \theta_y) + (\theta_p + \theta_y)Q_{t-1} - \theta_p\theta_y Q_{t-2} + \beta P_t - \theta_y \beta P_{t-1} + \gamma Y_t - \theta_p \gamma Y_{t-1} \quad (41)$$

Все переменные в данном уравнении предполагаются в логарифмах. Значок логарифма опущен, чтобы не загромождать запись. Покажем, что  $1 - \theta_p$  задает в данном уравнении скорость приспособления спроса к изменению цены на нефть. В частности, если  $\theta_p = 0$ , то спрос мгновенно приспособляется к изменению цены; если  $\theta_p \rightarrow 1$ , то спрос приспособляется бесконечно медленно. Аналогично,  $1 - \theta_y$  задает скорость приспособления спроса к изменению ВВП.

Для того чтобы доказать сделанное утверждение, перепишем уравнение (41) в виде модели коррекции ошибок. Имеем:

$$\begin{aligned} \Delta Q_t = & k(1 - \theta_p)(1 - \theta_y) - (1 + \theta_p\theta_y - \theta_p - \theta_y)(Q_{t-1} - \frac{\beta(1 - \theta_y)}{1 + \theta_p\theta_y - \theta_p - \theta_y} P_{t-1} - \\ & - \frac{\gamma(1 - \theta_p)}{1 + \theta_p\theta_y - \theta_p - \theta_y} Y_{t-1}) + \theta_p\theta_y \Delta Q_{t-1} + \beta \Delta P_{t-1} + \gamma \Delta Y_{t-1} \end{aligned} \quad (42)$$

Из данной записи уравнения (41) видно, что в краткосрочной перспективе эластичность спроса, например, по цене равна  $\beta$ , в то время как данная эластичность в долгосрочной

перспективе равна  $\frac{\beta(1 - \theta_y)}{1 + \theta_p\theta_y - \theta_p - \theta_y}$ . Отсюда следует, что если  $\theta_p = 0$ , то краткосрочная

эластичность равна долгосрочной, т.е. спрос мгновенно приспособляется к изменению цены. Если же  $\theta_p \rightarrow 1$ , то отношение краткосрочной эластичности к долгосрочной стремится к нулю:

$$\lim_{\theta_p \rightarrow 1} \frac{\beta}{\frac{\beta(1 - \theta_y)}{1 + \theta_p\theta_y - \theta_p - \theta_y}} = 0 \quad (43)$$

Это означает, что при  $\theta_p \rightarrow 1$  в краткосрочной перспективе реакция спроса на изменение цены бесконечно мала по сравнению с долгосрочной перспективой, т.е. спрос бесконечно медленно приспособляется к изменению цены. Более того, очевидно, что отношение краткосрочной и долгосрочной эластичностей является убывающей функцией  $\theta_p$ , т.к.  $\theta_y < 1$ . Отсюда мы можем заключить, что чем больше  $\theta_p$ ,

тем меньше скорость приспособления спроса к изменению цены. Поэтому естественно считать величину  $1-\theta_p$  в уравнении (41) скоростью приспособления спроса к изменению цены. Аналогичные рассуждения справедливы и скорости приспособления спроса к изменению ВВП.

Для того чтобы учесть несимметричность влияний на спрос повышения и уменьшения цены и ВВП авторы предложили разбить цену и ВВП на 4 составляющих. Например, для цены получаем следующее разбиение:

$$P_t = P_1 + P_{\max,t} + P_{\text{cut},t} + P_{\text{rec},t} \quad (44)$$

Здесь  $P_1$  – цена в начальный момент времени (в работе – 1971год);  $P_{\max,t}$  – суммарное увеличение в максимуме цены;  $P_{\text{cut},t}$  – суммарное уменьшение цены;  $P_{\text{rec},t}$  – суммарное увеличение в подмаксимуме цены. Аналогичное разложение может быть применено и к ВВП. Данные разложения могут быть подставлены в уравнение (41). Заметим, что такое разложение цены дает возможность частично учесть развитие нефтесберегающих технологий. Действительно, если когда-то в прошлом наблюдались высокие цены на нефть (большое значение слагаемого  $P_{\max,t}$ ), то можно ожидать, что в обществе хорошо развиты нефтесберегающие технологии, т.е. данная модель предполагает, что спрос отрицательно зависит от составляющей  $P_{\max,t}$  цены. Недостатком данного подхода является предположение модели о том, что нефтесберегающие технологии не развиваются в случае, когда цена на нефть находится ниже своего максимума.

Исходя из предварительного анализа, авторы разбили все страны на 3 группы: страны ОЭСР, не входящие в ОЭСР страны, страны-экспортеры нефти и предположили, что коэффициенты в уравнении (41) для всех стран из одной группы одинаковы. В этих предположениях для оценки коэффициентов стран одной группы авторы использовали pooled regressions.

Авторы установили, что спрос стран ОЭСР сокращается при росте цен на нефть намного сильнее, чем он повышается при росте цены. Кроме того, скорость приспособления спроса к изменению ВВП больше скорости приспособления спроса к изменению цены на нефть. Отсюда мы можем заключить, что отсутствие предположений о наличии рассмотренных эффектов может привести к смещенности оценок функции спроса на нефть.

### 3.1.3 Эконометрические модели мирового рынка нефти

Kaufman предложил следующую эконометрическую модель мирового рынка нефти. Со стороны спроса авторы разбили весь мир на 10 частей: США, Япония, зона Евро, Англия, Швейцария, Азия за вычетом Японии, другие развитые страны, переходные экономики, Латинская Америка, остальной мир. Функции спроса каждой части мира  $i$  задаются с помощью модели коррекции ошибок:

$$\begin{aligned} \Delta Dem_{it} = & \alpha_i - \rho_i (Dem_{it-1} + \alpha_i^0 + \beta_{i1} GDP_{it-1} + \beta_{i2} P_{t-1} + \beta_{i3} t) + \sum_{j=1}^{s_1} \gamma_{ij}^1 \Delta Dem_{it-j} + \\ & + \sum_{j=1}^{s_2} \gamma_{ij}^2 \Delta GDP_{it-j} + \sum_{j=1}^{s_3} \gamma_{ij}^3 \Delta P_{t-j} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (45)$$

Данные функции спроса были оценены с помощью метода наибольшего правдоподобия. Очевидно, что в данном случае оценки могут оказаться смещенными вследствие коррелированности ошибок и цен на нефть.

Со стороны предложения весь мир авторы разбили на 10 производителей: нижние 48 штатов (США), Аляска (США), Канада, Западная Европа, не входящие в ОПЕК страны Азии, не входящие в ОПЕК страны Африки, не входящие в ОПЕК страны Латинской Америки, Мексика, Бразилия, ОПЕК. Функции предложения первых 9 производителей были оценены аналогично работе Kaufman(...). Функция предложения стран ОПЕК задается тождеством:

$$Q_{OPEC} = \sum_{i=1}^{10} Dem_i + \Delta Stocks_{OECD} - \sum_{j \neq OPEC} Q_j \quad (46)$$

Цена на нефть определяется аналогично работе Kaufman(...). Таким образом, предполагается, что ОПЕК своими действиями может влиять на цену нефти и при реализовавшейся цене выступает в роли остаточного производителя.

Krichene (2002) отмечает, что рынок нефти тесно связан с рынком газа, т.к. нефть и газ довольно могут легко заменять друг друга. Поэтому автор предлагает следующую эконометрическую модель рынков нефти и газа:

$$\begin{aligned} Q_t^{oil} + \delta_{12} P_t^{oil} + \delta_{13} GDP_t + \delta_{14} &= u_1 - \text{уравнение спроса на нефть} \\ Q_t^{oil} + \delta_{22} P_t^{oil} + \delta_{23} Q_t^{gas} + \delta_{24} &= u_2 - \text{уравнение предложения нефти} \\ Q_t^{gas} + \delta_{32} P_t^{gas} + \delta_{33} GDP_t + \delta_{34} &= u_3 - \text{уравнение спроса на газ} \\ Q_t^{gas} + \delta_{42} P_t^{gas} + \delta_{43} Q_t^{oil} + \delta_{44} &= u_4 - \text{уравнение предложения газа} \end{aligned} \quad (47)$$

Здесь  $Q_t^{oil}$  - нат. логарифм мирового выпуска нефти в год  $t$

## Факторы формирования цен на нефть

$Q_t^{gas}$  - нат. логарифм мирового выпуска природного газа в год  $t$

$P_t^{oil}$  - нат. логарифм реальной цены нефти в год  $t$

$P_t^{gas}$  - нат. логарифм реальной цены природного газа в год  $t$

$GDP_t$  - нат. логарифм реального ВВП OECD стран в год  $t$

В данную модель были также включены лаговые значения переменных до 3-его порядка включительно. Чтобы учесть структурные изменения на рынке в 1973 году, модель была оценена 2-х ступенчатым МНК отдельно на периодах 1918-1972гг и 1973-1999.

Для того чтобы получить краткосрочные и долгосрочные эластичности, модель была пересчитана в виде модели коррекции ошибок. Авторы установили, что спрос на нефть в краткосрочном периоде неэластичен по отношению к цене в обоих периодах. Эластичность спроса по доходу в краткосрочном периоде положительна и значима в обоих периодах. Эластичность предложения по цене в краткосрочном периоде отрицательна и статистически значима, а по выпуску природного газа была положительна и статистически значима в первом периоде и незначима во втором.

### 3.2 Прогнозы цен на нефть, основанные на свойствах временного ряда цен

Первая попытка построения прогнозов цен на нефть на основе свойств временного ряда цен была предложена в работе Pindyck(1999). На основе модели Хотеллинга автор показал, что цены на нефть после каких-либо случайных отклонений возвращаются к своему тренду, причем как уровень тренда, так и его наклон являются стохастическими процессами.

Для того чтобы показать это свойство цен на нефть рассмотрим стандартную модель Хотеллинга. Хотеллинг доказал, что для производителей нефти оптимальным является такая траектория объемов добычи  $Q_t$ , которая удовлетворяет следующему уравнению:

$$P_t - c = \lambda_0 e^{rt} \quad (48)$$

Здесь  $c$  – предельные издержки добычи;  $r$  – ставка процента;  $\lambda_0$  – некоторая константа. Предположим для простоты, что спрос на нефть является изоэластичным, причем эластичность спроса по цене равна 1 ( $Q_t = Ap_t^{-1}$ ). Тогда мы можем найти траекторию объемов добычи:





## Факторы формирования цен на нефть

$$Q_t = \frac{A}{c + \lambda_0 e^{rt}} \quad (49)$$

Константа  $\lambda_0$  определяется из условия, что нефть полностью исчерпывается через бесконечно большое время:

$$R_0 = \int_0^{\infty} Q_t dt \quad (50)$$

Здесь  $R_0$  – начальные запасы нефти. Тогда траектория цен на нефть имеет вид:

$$P_t = c + \frac{ce^{rt}}{e^{rcR_0/A} - 1} \quad (51)$$

Наклон траектории равен:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{rce^{rt}}{e^{rcR_0/A} - 1} \quad (52)$$

Отсюда мы видим, что рост спроса (увеличение  $A$ ) приводит к росту уровня тренда (увеличение  $P_t$ ) и увеличению наклону тренда (увеличение  $\frac{dP}{dt}$ ). Рост издержек добычи нефти (рост  $c$ ) приводит к увеличению уровня тренда и уменьшению наклона тренда. Рост начальных запасов (увеличение  $R_0$ ) приводит к уменьшению как уровня так и наклона тренда.

С другой стороны, уровень спроса, издержки добычи и начальные запасы нефти естественно рассматривать как стохастические процессы. Отсюда мы приходим к выводу, что как уровень долгосрочного тренда цен на нефть, так и его наклон являются стохастическими процессами. Важно отметить, что данные процессы являются ненаблюдаемыми. Поэтому автор предложил следующую модель временного ряда цен на нефть:

$$\begin{aligned} P_t &= \rho P_{t-1} + \beta_1 + \beta_2 t + \phi_{1t} + \phi_{2t} + \varepsilon_t \\ \phi_{1t} &= c_1 \phi_{1t-1} + \eta_{1t} \\ \phi_{2t} &= c_2 \phi_{2t-1} + \eta_{2t} \end{aligned} \quad E \begin{pmatrix} \varepsilon_t \\ \eta_{1t} \\ \eta_{2t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad V \begin{pmatrix} \varepsilon_t \\ \eta_{1t} \\ \eta_{2t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_\varepsilon^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\eta_1}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{\eta_2}^2 \end{pmatrix} \quad (53)$$

В данной модели  $\phi_{1t}$  и  $\phi_{2t}$  - ненаблюдаемые процессы AR(1). Автор также допустил, что траектория цены содержит линейный детерминированный тренд ( $\beta_1 + \beta_2 t$ ) в силу исчерпаемости нефти. Данная модель может быть оценена методом наибольшего правдоподобия с помощью калмановского фильтра, описанном в подразделе 1.3.1. Прогнозы по данной модели могут быть построены с помощью калмановского фильтра.



Недостатком работы Pindyck является то, что авторы не проводили каких-либо тестов на адекватность предложенной модели цены на нефть. Адекватность рассмотренной модели была исследована в работе Bernard(2004), где был предложен следующий тест. Нулевая гипотеза заключается в предположении, что временной ряд цен на нефть удовлетворяет модели с фиксированными коэффициентами:

$$P_t = c_1 + c_2 t + c_3 P_{t-1} + \varepsilon_t \quad (54)$$

Альтернативная гипотеза заключается в предположении, что временной ряд цен удовлетворяет модели (53).

Для проверки нулевой гипотезы авторы использовали тест отношения правдоподобия. Для проведения данного теста на первом шаге вычисляется следующая статистика:

$$QLR = 2(L_{TVP} - L_{FCM}) \quad (55)$$

Здесь  $L_{TVP}$  - значение логарифмической функции правдоподобия в модели (53),  $L_{FCM}$  - значение данной функции в модели с фиксированными коэффициентами. На втором шаге данная статистика сравнивается с соответствующими критическими значениями, которые были получены авторами с помощью *MMC test (Maximized Monte Carlo Test)* - данный тест описан выше. Если данная статистика меньше соответствующего критического значения, то нулевая гипотеза не отвергается.

Авторы установили, что для цен на нефть нулевая гипотеза не отвергается даже на 10% уровне значимости ( $pvalue=0.57$ ). Для цен на уголь нулевая гипотеза не отвергается на 5% уровне значимости и отвергается на 10% уровне ( $pvalue=0.07$ ). Для цен на газ нулевая гипотеза отвергается уже на 5% уровне значимости ( $pvalue=0.01$ ).

Таким образом, мы заключаем, что хотя модель Pindyck может быть адекватной для некоторых исчерпаемых ресурсов, для цен на нефть мы не можем отвергнуть нулевую гипотезу о том, что коэффициенты в уравнении (53) являются фиксированными. Тем не менее, модель с колеблющимися коэффициентами не теряет смысла и для цен на нефть, т.к. невозможность отвержения нулевой гипотезы может быть связана с недостаточной мощностью предложенного теста.

### 3.3 Краткие выводы

Анализ существующих работ показал, что прогнозирование цен на нефть, как правило, проводится в терминах структурных моделей. Тем не менее, после предложенной в 1999 году модели Pindyck для прогнозирования цен на нефть также активно начал развиваться подход на основе анализа временного ряда цен на нефть.



## Факторы формирования цен на нефть

Структурный подход выделяет три вида игроков на рынке нефти и анализирует их поведение и взаимодействие друг с другом. Игроков первого вида составляют страны-члены ОПЕК. Второй вид игроков – это независимые производители нефти. Третий тип игроков – это страны-потребители нефти. В силу того, что страны ОПЕК координируют собственные объемы добычи, ОПЕК является наиболее значимым игроком на рынке нефти.

Существующие работы по деятельности ОПЕК позволяют ответить на следующие вопросы: каковы причины образования ОПЕК; какие характеристики страны обуславливают членство в ОПЕК; какие механизмы могут предотвращать недисциплинированное поведение членов ОПЕК; какие факторы определяют предложение нефти ОПЕК и каково влияние ОПЕК на рынок нефти.

Причиной образования ОПЕК является возможность получения больших прибылей за счет сокращения объемов добычи. Отметим, что в случае исчерпаемого ресурса, каким является нефть, рост приведенного значения прибыли за счет сокращения объемов добычи ограничивается большим дисконтированием отложенных добыч.

Интересным результатом является тот факт, что от образования ОПЕК наибольшие выгоды имеют независимые производители. Действительно, повышение цен на нефть вследствие ограничения добычи странами ОПЕК одинаково для всех производителей, но страны ОПЕК вынуждены откладывать свои прибыли в более дисконтируемое будущее. Этот результат приводит к тому, что производителям с небольшими запасами нефти не выгодно вступать в ОПЕК.

Нежелание переносить свои прибыли в более дисконтируемое будущее приводит к недисциплинированному поведению. Проблема борьбы с недисциплинированным поведением в случае с ОПЕК встает особенно остро, т.к. отдельные страны не могут наказывать друг друга неэкономическими методами. Основным механизмом для борьбы с недисциплинированным поведением поэтому является угроза со стороны остальных участников ОПЕК начать ценовую войну.

С точки зрения функций предложения страны ОПЕК могут быть разделены на три группы. Первая группа состоит из одной Саудовской Аравии. Саудовская Аравия выступает в роли лидера картеля и остаточного производителя, т.к. ее предложение отрицательно зависит от цены на нефть. Вторую группу образуют Иран, Кувейт, Ливия, Катар, Венесуэла и Объединенные Арабские Эмираты. Объем добычи этих стран не зависит от цены на нефть и составляет приблизительно постоянную долю суммарных



## Факторы формирования цен на нефть

объемов добычи ОПЕК. В третью группу стран входят Нигерия, Алжир и Индонезия. Эти страны увеличивают объемы добычи с ростом цены на нефть.



## 4 Эконометрическая модель спроса на нефть

В данном разделе представлена модель спроса на нефть, учитывающая нелинейность зависимости спроса от доходов и развитие нефтесберегающих технологий. Идея о возможности развития нефтесберегающих технологий не является новой. Тем не менее, данная возможность, как правило, не учитывается в эконометрических моделях в силу ненаблюдаемости уровня развития технологий. Исключением можно считать работу Gately (1995), в которой авторы предлагают разбить цену на несколько составляющих, одна из которых отвечает за развитие нефтесберегающих технологий. Мы предлагаем использовать калмановский фильтр для оценки и учета уровня нефтесберегающих технологий.

### 4.1 Описание модели

#### 4.1.1 Предпосылки модели

Прежде чем приступить к построению функции спроса, обратимся к вопросу о том, какие детерминанты спроса и его свойства обычно выделяются в мировой литературе. Во-первых, обычно предполагается, что спрос заданной страны на нефть зависит от уровня ее доходов или экономической активности, причем в качестве аппроксимации ее доходов используется концепция ВВП. Действительно, с ростом выпуска страны, как правило, увеличивается выпуск и нефтепотребляющих секторов, что приводит к росту спроса на нефть как одного из основных источников энергии.

Во-вторых, огромное значение на спрос на нефть оказывает рынок газа, т.к. газ может служить заменителем нефти. Важно отметить, что издержки замены в данном случае являются незначительными по сравнению с переходом на другие источники энергии. Поэтому рынок нефти из всех рынков энергоносителей в наибольшей степени связан с рынком газа.

В-третьих, потребление нефти и ее производных связано с инвестированием в соответствующий энергоперерабатывающий капитал, что приводит к инерционности спроса на нефть. Например, в случае повышения цен на нефть потребителям нефти требуется некоторое время на установку оборудования, способного использовать альтернативные источники энергии.

В-четвертых, отметим, что скорость приспособления спроса на нефть к изменениям цен на нефть может быть неодинакова в случаях роста и падения цен. Это

## Факторы формирования цен на нефть

может быть связано, например, с разными временами установки оборудования, работающего на нефти, и оборудования, работающего на каких-либо других источниках энергии.

В-пятых, развитие со временем нефтесберегающих технологий может приводить к сокращению спроса. Важно отметить, что развитие нефтесберегающих технологий является необратимым процессом, т.е. при появлении более совершенных технологий старые уже никогда в будущем использоваться не будут. Таким образом, за счет технологий со временем спрос может падать, но не может расти.

В данной работе мы исследуем только зависимости спроса на нефть от ВВП стран, цен на нефть и от уровня нефтесберегающих технологий. Кроме того, мы изучаем вопрос о связи цен на нефть и скорости развития нефтесберегающих технологий.

### 4.1.2 Спецификация модели

Рассмотрим сначала теоретическую зависимость спроса на нефть заданной страны от ее ВВП. Мы будем предполагать, что потребление нефти на душу населения является функцией ВВП на душу населения. Как уже говорилось выше, мы ожидаем, что спрос на нефть растет с ростом ВВП. Тем не менее, необходимо установить, как меняется скорость роста спроса по мере роста ВВП. Для этой цели можно выделить 3 уровня развития страны: аграрное общество (низкий уровень ВВП на душу населения), индустриальное общество (промежуточный уровень ВВП на душу населения), постиндустриальное общество (высокий уровень ВВП на душу населения).

Как известно, развитие аграрного общества (т.е. рост ВВП на душу населения) связано с подъемом сельского хозяйства, которое практически не использует нефть. Развитие индустриального общества связано с подъемом промышленности, которая активно использует энергоносители, в том числе и нефть. В постиндустриальном обществе в первую очередь развивается сфера услуг, которая использует энергию в значительно меньшей степени, чем промышленность. Поэтому можно ожидать, что рост спроса на нефть при промежуточных значениях ВВП на душу населения (индустриальное общество) существенно выше, чем при низких (аграрное общество) и высоких (постиндустриальное общество) значениях ВВП на душу населения.

Описанным условиям удовлетворяет функция Гомперца, которая имеет следующий вид:



## Факторы формирования цен на нефть

$$Q = \gamma e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc}} \quad (56)$$

Здесь  $\alpha, \beta, \gamma$  - положительные константы,  $Q$  – потребление нефти на душу населения,  $GDPpc$  – ВВП на душу населения. Чтобы убедиться, что данная функция обладает требуемыми свойствами, возьмем первую и вторую производные этой функции:

$$\frac{dQ}{dGDPpc} = \alpha \beta \gamma e^{-\beta GDPpc} e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc}} \quad (57)$$

$$\frac{d^2Q}{dGDPpc^2} = -\alpha \beta^2 \gamma e^{-\beta GDPpc} e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc}} + \alpha^2 \beta^2 \gamma^2 e^{-2\beta GDPpc} e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc}} \quad (58)$$

Отсюда видим, что первая производная положительна при любом уровне  $GDPpc$  а вторая производная положительна при

$$\alpha^2 \beta^2 \gamma^2 e^{-2\beta GDPpc} - \alpha \beta^2 \gamma e^{-\beta GDPpc} > 0 \Leftrightarrow GDPpc < \frac{1}{\beta} \ln \alpha \beta \quad (59)$$

и отрицательна при

$$GDPpc > \frac{1}{\beta} \ln \alpha \beta \quad (60)$$

Таким образом, данная функция медленно растет при малых и больших значениях ВВП на душу населения и быстро растет при промежуточных значениях ВВП на душу населения.

Тем не менее, данная функция обладает двумя недостатками. Во-первых,  $Q(GDPpc = 0) = \gamma e^{-\alpha} \neq 0$ , т.е. данная функция предполагает, что спрос на нефть положителен даже при нулевом выпуске в экономике. Во-вторых,  $\lim_{GDPpc \rightarrow +\infty} Q = \gamma < +\infty$ , т.е. данная функция предполагает, что по мере роста ВВП на душу населения спрос на нефть на душу населения стремиться к конечному числу. Это означает, что на высоких уровнях развития энергопотребляющий сектор перестает расти. Отметим, что утверждение о том, что второе свойство является именно недостатком достаточно спорно.

Несмотря на описанные недостатки функции Гомперца, мы будем предполагать, что зависимость спроса на нефть на душу населения от ВВП на душу населения имеет вид (56). Тогда общий спрос от ВВП на душу населения задается в виде:

$$Q = \gamma POP e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc}} \quad (61)$$

Здесь  $POP$  – население страны.



## Факторы формирования цен на нефть

Рассмотрим теперь зависимость спроса от цены на нефть. Как говорилось выше, мы ожидаем, что спрос на нефть проявляет некоторую инерционность по отношению к изменению цен на нефть. Поэтому спрос в данном случае является функцией не только цены в данный момент, но и цен в предыдущие моменты времени, т.е.

$$Q_t = Q(P_t, P_{t-1}, \dots, P_{t-k}, POP_t, GDPpc_t) \quad (62)$$

Здесь  $t$  – момент времени,  $P_t$  – цена на нефть в момент времени  $t$ . Для простоты мы будем полагать, что зависимость спроса от цен сводится к зависимости от цен параметра  $\gamma$  в уравнении (56), т.е.

$$Q_t = \gamma(P_t, P_{t-1}, \dots, P_{t-k}) POP_t e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc_t}} \quad (63)$$

Далее, мы будем предполагать, что спрос на нефть является изоэластичным по ценам на нефть в различные моменты времени. Это означает, что функция спроса имеет вид:

$$Q_t = \frac{\varphi}{P_t^{a_1} P_{t-1}^{a_2} \dots P_{t-k+1}^{a_k}} POP_t e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc_t}} \quad (64)$$

Заметим, что зависимость спроса на нефть от цены нефть является отрицательной, т.к. по мере, например, роста цены происходит сокращение энергозатратных производств (слово “производство” используется здесь в достаточно широком смысле и подразумевает любое создание добавленной стоимости) или замена нефти альтернативными источниками энергии.

Для того чтобы разделить краткосрочные и долгосрочные эффекты изменения цены на нефть, прологарифмируем уравнение спроса:

$$\ln Q_t = \ln \varphi - \sum_{i=1}^k a_i \ln P_{t+1-i} + \ln Pop_t - \alpha e^{-\beta GDPpc_t} \quad (65)$$

и запишем получившееся уравнение в виде модели коррекции ошибками (например, при  $k = 2$ ):

$$\Delta \ln Q_t = -a_1 \Delta \ln P_t - (\ln Q_{t-1} - \ln \varphi - \ln Pop_t + \alpha e^{-\beta GDPpc_t} + (a_1 + a_2) \ln P_{t-1}) \quad (66)$$

Таким образом, мы видим, что краткосрочная эластичность спроса по цене равняется  $a_1$ , в то время как долгосрочная  $a_1 + a_2$ .

Отметим, что спрос на нефть в данной стране составляют производства, потребляющие нефть. Количество таких производств в любой момент времени может отличаться от равновесного, задаваемого формулой (64). Кроме того, однажды созданное такое производство как правило функционирует по крайней несколько лет. Поэтому мы можем ожидать, что отклонение спроса от равновесного значения является





авторегрессионным процессом. Для простоты мы будем предполагать, что данный процесс является авторегрессией первого порядка, причем в функцию спроса он входит следующим образом:

$$Q_t = \frac{\varphi \mu_t}{P_t^{a_1} P_{t-1}^{a_2} \dots P_{t-k+1}^{a_k}} POP_t e^{-\alpha e^{-\beta GDP_{pc_t}}} \quad (67)$$

$$\ln \mu_t = c \ln \mu_{t-1} + \varepsilon_t^1$$

здесь  $\mu_t$  - ненаблюдаемая переменная, отвечающая за отклонение спроса от равновесного,  $\varepsilon_t^1$  - случайное возмущение. Так как нефтепотребляющие производства функционируют достаточно долгое время, мы ожидаем, что коэффициент  $c$  достаточно близок к 1. Кроме того, мы утверждаем, что данный коэффициент меньше 1, так как однажды созданные производства все-таки когда-либо перестают существовать.

Наконец, рассмотрим эффект развития нефтесберегающих технологий. Мы будем предполагать, что появляющиеся модернизации одновременно становятся доступны всему миру, причем данные модернизации пропорционально уменьшают спрос на нефть. Это означает, что фактор технологий входит в нашу функцию спроса отдельным множителем. Отсюда следует, что в качестве фактора технологий мы можем рассматривать коэффициент  $\varphi$  в уравнении спроса (67), т.е. функция спроса имеет вид:

$$Q_t = \frac{\varphi_t \mu_t}{P_t^{a_1} P_{t-1}^{a_2} \dots P_{t-k+1}^{a_k}} POP_t e^{-\alpha e^{-\beta GDP_{pc_t}}} \quad (68)$$

где  $\varphi_t$  - уровень развития нефтесберегающих технологий (в дальнейшем – фактор технологий). Очевидно, что чем меньше значение параметра  $\varphi$ , тем более развиты нефтесберегающие технологии в стране.

Для завершения модели спроса на нефть нам осталось описать динамику фактора технологий. Как известно, развитие нефтесберегающих технологий инициируется высокими ценами на нефть. Кроме того, технологии, развиваемые в текущем периоде, начинают использоваться в следующем. Поэтому мы предполагаем, что фактор технологий в данный момент определяется уровнем цен на нефть в предыдущие моменты. Еще одним важным свойством нефтесберегающих технологий, которое должно быть отражено в уравнении для динамики фактора технологий, является тот факт, что по мере развития данных технологий дальнейшее их развитие становится все более затруднительным. Наконец, отметим, что процесс развития нефтесберегающих технологий является накопительным: технологии, созданные в прошлом, всегда могут использоваться в настоящем. Поэтому новые технологии



## Факторы формирования цен на нефть

должны давать именно прирост эффективности использования нефти. Чтобы учесть все описанные свойства развития нефтесберегающих технологий, мы предлагаем следующее уравнение динамики фактора технологий:

$$\varphi_t = \varphi_{t-1} e^{-b_1 P_{t-1} - \dots - b_m P_{t-m}} \quad (69)$$

Кроме того, коэффициент развития технологий  $\varphi$  должен также отражать разработку новых видов энергопотребляющих производств. Например, в случае, когда появляется новая технология производства чего-либо, которая использует нефть, коэффициент развития технологий должен увеличиться. Наоборот, если новая технология позволяет обойтись без использования нефти, то коэффициент развития технологий падает. Такую зависимость мы будем отображать случайным возмущением в уравнении динамики фактора технологий:

$$\varphi_t = \varphi_{t-1} e^{-b_1 P_{t-1} - \dots - b_m P_{t-m} + \varepsilon_t^2} \quad (70)$$

Для оценки данную модель удобнее переписать в логарифмах. Таким образом, оцениваемая модель спроса на нефть имеет вид:

$$\begin{aligned} \ln Q_t &= \ln \varphi_t + \ln \mu_t - a_1 \ln P_t - \dots - a_k \ln P_{t-k+1} + \ln POP_t - \alpha e^{-\beta GDP_{pc_t}} + \varepsilon_t^3 \\ \ln \varphi_t &= \ln \varphi_{t-1} - b_1 P_{t-1} - \dots - b_m P_{t-m} + \varepsilon_t^2 \\ \ln \mu_t &= c \ln \mu_t + \varepsilon_t^1 \end{aligned} \quad (71)$$

Случайная ошибка  $\varepsilon_t^3$  отражает влияние неучтенных детерминант спроса, в то время как случайная ошибка  $\varepsilon_t^2$  отражает не только влияние неучтенных детерминант развития нефтесберегающих технологий, но и “внутреннюю” неопределенность процесса развития новых технологий. Мы будем предполагать, что все три случайные ошибки в уравнении (71) некоррелированы, и что их совместное распределение является нормальным. Итак, имеем:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_t^1 \\ \varepsilon_t^2 \\ \varepsilon_t^3 \end{pmatrix} \stackrel{iid}{\sim} N \begin{pmatrix} 0 & \sigma_1^2 & 0 & 0 \\ 0; & 0 & \sigma_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_3^2 \end{pmatrix} \quad (72)$$

Проанализировав вопрос о функции спроса отдельной страны, рассмотрим теперь, как связаны функции спроса на нефть для разных стран. Первое наблюдение касается взаимосвязанности уровней нефтесберегающих технологий. Очевидно, что в эпоху глобализации технологии, развитые в одной стране, могут быть импортированы другими странами без необходимости их повторного открытия. Поэтому мы можем ожидать, что технологический фактор в менее развитых (с точки зрения данных



технологий) странах положительно зависит от этого показателя в более развитых странах. Тем не менее, эконометрическая оценка таких связей привела бы к возникновению огромных технических трудностей. Поэтому мы ограничимся только крайним случаем, и будем предполагать, что уровень развития нефтесберегающих технологий одинаков во всем мире, т.е. технологические факторы совпадают для всех стран:

$$\varphi_i = \varphi_j \quad \forall i \neq j \quad (73)$$

здесь  $i$  и  $j$  – страны. Кроме того, мы можем изучить случай, когда технологические факторы внутри одного блока стран совпадают и не зависят от технологических факторов в других блоках.

Второе наблюдение касается сравнения параметров функций спроса для разных стран. Для простоты мы будем полагать, что коэффициенты в функции спроса одинаковы для всех стран. Кроме того, отклонения спроса от равновесного значения естественно считать независимыми для разных стран. Таким образом, имеем:

$$\text{cov}(\varepsilon_i^1, \varepsilon_j^1) = 0 \quad \forall i \neq j \quad (74)$$

Теперь мы переходим к оценке функции спроса на нефть.

### 4.2 Оценка функции спроса на нефть

Первый вопрос, который необходимо рассмотреть в связи с оценкой предложенной в предыдущем разделе функции спроса на нефть, является возможность корреляции случайного возмущения  $\varepsilon_t^3$  с ценой на нефть  $P_t$ . Действительно, необъясненный рост спроса на нефть ( $\varepsilon_t^3 > 0$ ) может вызывать рост цен на нефть, т.е.

$$\text{corr}(\varepsilon_t^3, P_t) > 0 \quad (75)$$

Тем не менее, мы полагаем, что в случае, когда рассматриваются годовые данные, большая часть колебаний цен на нефть связана с действиями ОПЕК и конфликтами на Ближнем Востоке. Такая точка зрения является общепринятой в литературе по рынку нефти<sup>3</sup>. В свою очередь страны ОПЕК имеют ограниченные возможности для оценки спроса на нефть и поэтому при формировании собственной стратегии производства нефти незначительно ориентируются на уровень спроса. Кроме того, на

---

<sup>3</sup> См., например, статью Dees (...). В данной работе при построении модели цен на нефть автор использовал следующие детерминанты цены на нефть: объем запасов нефти в странах OECD, квоты на добычу нефти в странах ОПЕК, превышение данных квот, война в Персидском заливе в 3 и 4 кварталах 1990 года.

## Факторы формирования цен на нефть

рассматриваемом временном интервале ОПЕК неоднократно существенно меняла объемы собственной добычи с целью изучения спроса. Из сказанного следует, что хотя корреляция между случайным возмущением в спросе и ценой на нефть существует, она незначительна. Поэтому в дальнейшем мы будем пренебрегать данной корреляцией<sup>4</sup>.

Чтобы убедиться в справедливости утверждения о том, что большая часть колебаний на рынке нефти связана с деятельностью ОПЕК, мы можем по хронологии событий на рынке нефти установить причину большинства существенных колебаний цен на нефть. Для этого рассмотрим динамику цен на нефть на изучаемом временном интервале, т.е. с 1970 по 2004 годы (рис.4).

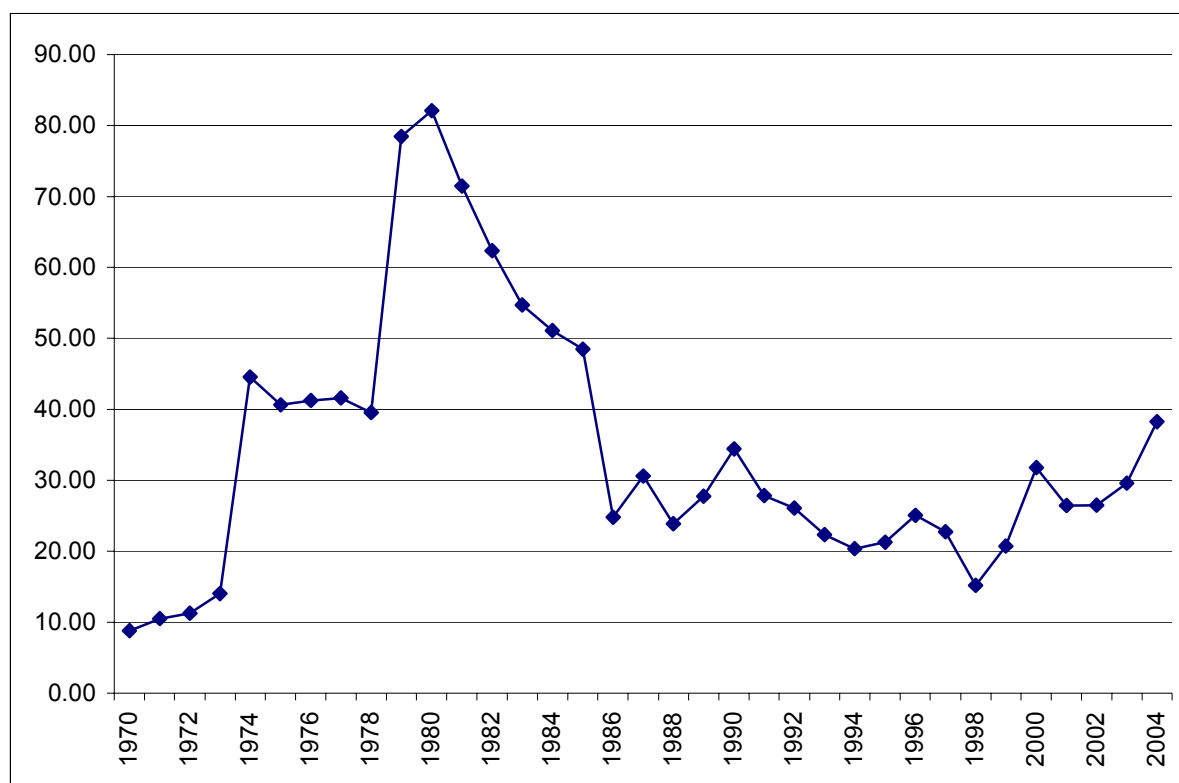
Как видно из графика, первое существенное изменение цены на нефть произошло в 1973 году. Причиной такого поведения цены явились национализация добычи нефти в странах ОПЕК, испытание данной организацией собственной власти на рынке нефти путем повышения цен на собственную нефть и наложение эмбарго на экспорт нефти в США. Очевидно, что в данном случае рост цен на нефть был вызван именно сокращением предложения, а не увеличением спроса. Второй существенный скачок цен на нефть произошел в 1979 году, когда ОПЕК предприняла второй эксперимент по определению собственной силы на рынке, подняв цены и сократив добычу. Кроме того, в это же время произошла революция в Иране, в ходе которой шах покинул страну. Таким образом, данное повышение цен также было вызвано именно стороной предложения. После еще некоторого увеличения цен в 1980 году, нефть начала стремительное удешевление, которое продолжалось вплоть до 1986 года. Общепринятым является мнение, что это падение связано с ростом добычи нефти вне ОПЕК, в том числе в регионах с высокими издержками добычи, и сокращением спроса на нефть за счет более эффективного ее использования. Следовательно, в этом случае необъясненные колебания спроса, если и имели место быть, также не играют существенной роли в определении цены на нефть.

---

<sup>4</sup> Для оценки функции спроса существует две возможности. Во-первых, мы можем прямо оценивать рассмотренную функцию спроса. В этом случае наши оценки будут несколько смещены вследствие корреляции случайного возмущения и цены. Во-вторых, мы можем учесть функцию предложения нефти и оценивать систему уравнений. В этом случае нам пришлось бы упрощать функцию спроса в силу практической невозможности оценки без упрощения. Эти упрощения также привели бы к смещенности оценок. Таким образом, мы имеем две конкурирующие возможности, каждая из которых не лишена недостатков. В данной работе мы исследуем первую возможность оценки функции спроса.



Рис.4. Динамика годовых цен на нефть, 1970-2004 годы, \$США 2004 года



Незначительное повышение цен в 1990 году определилось в первую очередь вторжением в августе 1990 года Ирака в Кувейт. Незначительное падение цен в 1998 году связано с увеличением квот на добычу нефти странами ОПЕК и некоторым сокращением спроса в Азии вследствие азиатского экономического кризиса. Рост цен в 2000 году может быть объяснен уменьшением квот на добычу странами ОПЕК и повышенным спросом на нефть. Значит, изменения цены в 1998 и 2000 годах связаны как с колебанием предложения, так и с колебанием необъясненного спроса. Некоторый рост цены на нефть в 2004 году определился забастовками в Венесуэле, связанными с возможным военным конфликтом в Ираке, и ураганом в Мексике. Таким образом, хронология событий рынка нефти указывает на то, что большая часть существенных колебаний цены на нефть связана именно с колебаниями предложения и падением спроса вследствие увеличения эффективности использования нефти. Отсюда следует, что цены на нефть достаточно незначительно коррелируют с необъясненным спросом.

Если мы пренебрегаем рассмотренной корреляцией, то естественным способом оценки данной функции спроса является использование метода наибольшего правдоподобия с помощью калмановского фильтра, который был описан выше. Первое из уравнений в системе (71) является уравнением наблюдений (observation equation), в

## Факторы формирования цен на нефть

то время как второе и третье уравнения являются уравнениями состояния (state equation). Данная модель была оценена на годовых данных на интервале с 1966 по 2004 гг. Описание данных и список стран, для которых оценивалась модель, приведен в приложении 1.

Второй вопрос, связанный с оценкой модели, касается выбора количества лаговых значений цен на нефть в функции спроса и уравнении динамики уровня нефтесберегающих технологий. Для определения количества лагов мы использовали АИС и ВИС критерии. Значения данных статистик для моделей, включающих от 1 до 3 лагов, представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

**Значение статистики АИС для моделей с различным количеством лагов**

АИС		Количество лагов в уравнении спроса		
		1	2	3
Количество лагов в уравнении динамики нефтесберегающих технологий	1	-101.76	-102.23	-104.62
	2	-103.94	-104.54	-104.48
	3	-103.78	-104.34	-104.32

Таблица 2

**Значение статистики ВИС для моделей с различным количеством лагов**

ВИС		Количество лагов в уравнении спроса		
		1	2	3
Количество лагов в уравнении динамики нефтесберегающих технологий	1	-101.41	-101.83	-104.18
	2	-103.54	-104.09	-103.99
	3	-103.33	-103.84	-103.78

Из данных таблиц видно, что по обоим критериям наилучшей является модель с 3 лаговыми значениями цены на нефть в уравнении спроса и одним лагом в уравнении развития нефтесберегающих технологий.

Оцененная модель имеет вид:

$$\begin{aligned}
 \log Q_{it} &= \ln \varphi_t + \ln \mu_t - 2.210e^{-0.170GDP_{pc_{it}}} - 0.037 \ln P_t - 0.040 \ln P_{t-1} + 0.011 \ln P_{t-2} + \varepsilon_t^3 \\
 \ln \varphi_t &= \ln \varphi_{t-1} - 0.0010P_{t-1} + \varepsilon_t^2 \\
 \ln \mu_t &= 0.976 \ln \mu_{t-1} + \varepsilon_t^1
 \end{aligned}
 \tag{76}$$



## Факторы формирования цен на нефть

здесь  $Q_{it}$  - потребление нефти на душу населения страной  $i$  в момент времени  $t$  в тыс. барр. за день;  $GDPpc_{it}$  - ВВП на душу населения страны  $i$  в момент времени  $t$  в тысячах долларов США 1995 года;  $P_t$  - цена нефти в долларах США 2004 года за барр.

Оценив модель, займемся проверкой значимости ее коэффициентов. Для этой цели мы предлагаем использовать тест отношения правдоподобия (Likelihood ratio test). Согласно данному тесту мы должны построить модель без ограничений и модель с ограничениями. Тогда оказывается, что если выполнена нулевая гипотеза, т.е. сделанные ограничения верны, то удвоенная разность логарифмических функций правдоподобия без ограничений и с ограничениями асимптотически имеет  $\chi^2(k)$ -распределение, где  $k$  – количество сделанных ограничений.

Во-первых, мы хотим проверить гипотезу о существовании развития со временем нефтесберегающих технологий. Нулевая гипотеза тогда заключается в наличии ограничения:

$$b_1 = 0 \quad (77)$$

Альтернативная гипотеза:

$$b_1 \neq 0 \quad (78)$$

Если нулевая гипотеза верна, то в действительности развитие нефтесберегающих технологий не происходит со временем. Тест отношения правдоподобия для данной гипотезы дает  $P$ -value = 0,0000. Это означает, что нулевая гипотеза отвергается уже на 1% уровне значимости. Таким образом, мы можем заключить, что в реальности действительно существовало развитие нефтесберегающих технологий.

Во-вторых, нас интересует вопрос о существовании зависимости спроса на нефть от цены. Теперь нулевая гипотеза предполагает отсутствие зависимости спроса от цены на нефть и состоит из трех ограничений:

$$\begin{cases} a_1 = 0 \\ a_2 = 0 \\ a_3 = 0 \end{cases} \quad (79)$$

Альтернативная гипотеза предполагает, что хотя бы одно из этих равенств не выполнено. Статистика отношения правдоподобия в этом случае при верности нулевой гипотезы имеет приблизительно  $\chi^2$ -распределение с 3 степенями свободы. Тест дает  $P$ -value = 0,0004. Таким образом, мы отвергаем гипотезу об отсутствии зависимости спроса от цены на нефть уже на 1% уровне значимости.



## Факторы формирования цен на нефть

Наконец, мы должны проверить гипотезу о существовании зависимости спроса страны на нефть от ее ВВП на душу населения. В этом случае нулевая гипотеза состоит в утверждении отсутствия зависимости спроса от ВВП на душу населения:

$$\begin{cases} \alpha = 0 \\ \beta = 0 \end{cases} \quad (80)$$

Альтернативная гипотеза: хотя бы одно из данных равенств не выполнено. Тест отношения правдоподобия дает  $P\text{-value}=0,0000$ . Отсюда следует, что мы отвергаем гипотезу об отсутствии зависимости спроса от ВВП на душу населения уже на 1% уровне значимости.

Установив значимость всех детерминант спроса на нефть, рассмотрим численные значения оцененной функции спроса. Как было показано выше, наибольший рост спроса на нефть при росте ВВП на душу населения страны наблюдается при

$$GDPpc = \frac{1}{\beta} \ln \alpha \beta \quad (81)$$

Подставляя оценочные значения из (76), находим:

$$GDPpc \approx -\frac{1000}{0.17} \ln(2.21 * 0.17) \approx 5750 \$CША1995г \quad (82)$$

Таким образом, мы предполагаем, что наибольший рост спроса на нефть по мере роста ВВП на душу населения приходится на 5-бтыс. долларов США 2004 года.

Изначально мы предполагали, что зависимость спроса на нефть от ВВП на душу населения имеет нелинейный характер. Мы полагали, что по мере роста ВВП на душу населения спрос на нефть растет медленно при низких и высоких значениях ВВП на душу населения и быстро на промежуточных уровнях развития. Поэтому мы бы хотели эконометрически проверить гипотезу о такой зависимости против линейной зависимости между спросом и ВВП на душу населения. Нестрогие данные гипотезы мы можем сравнить следующим образом.

Заметим, что предложенная функциональная зависимость спроса от ВВП на душу населения ( $Q = \gamma e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc}}$ ) переходит в линейную при выполнении следующих условий:

$$\begin{aligned} \beta GDPpc &\ll 1 \\ \alpha \beta GDPpc &\ll 1 \end{aligned} \quad (83)$$

Действительно, если данные условия выполнены, то мы можем записать:

$$Q = \gamma e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc}} \approx \gamma e^{-\alpha(1-\beta GDPpc)} = \gamma e^{-\alpha} e^{\alpha \beta GDPpc} \approx \gamma e^{-\alpha} (1 + \alpha \beta GDPpc) \quad (84)$$





## Факторы формирования цен на нефть

Таким образом, чтобы сравнить предложенную зависимость спроса на нефть от ВВП на душу населения, мы должны проверить верность неравенств (83). Заметив, что  $GDP_{pc} \in [1-10]$ , находим, что  $\beta GDP_{pc} \in [0.17-1.7] \in [1]$ . Отсюда следует, что эконометрически зависимость спроса на нефть от ВВП на душу населения существенно нелинейная.

Эластичность спроса по цене, хотя и статистически значима, достаточно мала и для разных лагов составляет 1-5%. В долгосрочной перспективе эластичность спроса по цене составляет  $3,7+4-1,1=6,6\%$ . Таким образом, мы заключаем, что спрос на нефть по ее цене достаточно неэластичен.

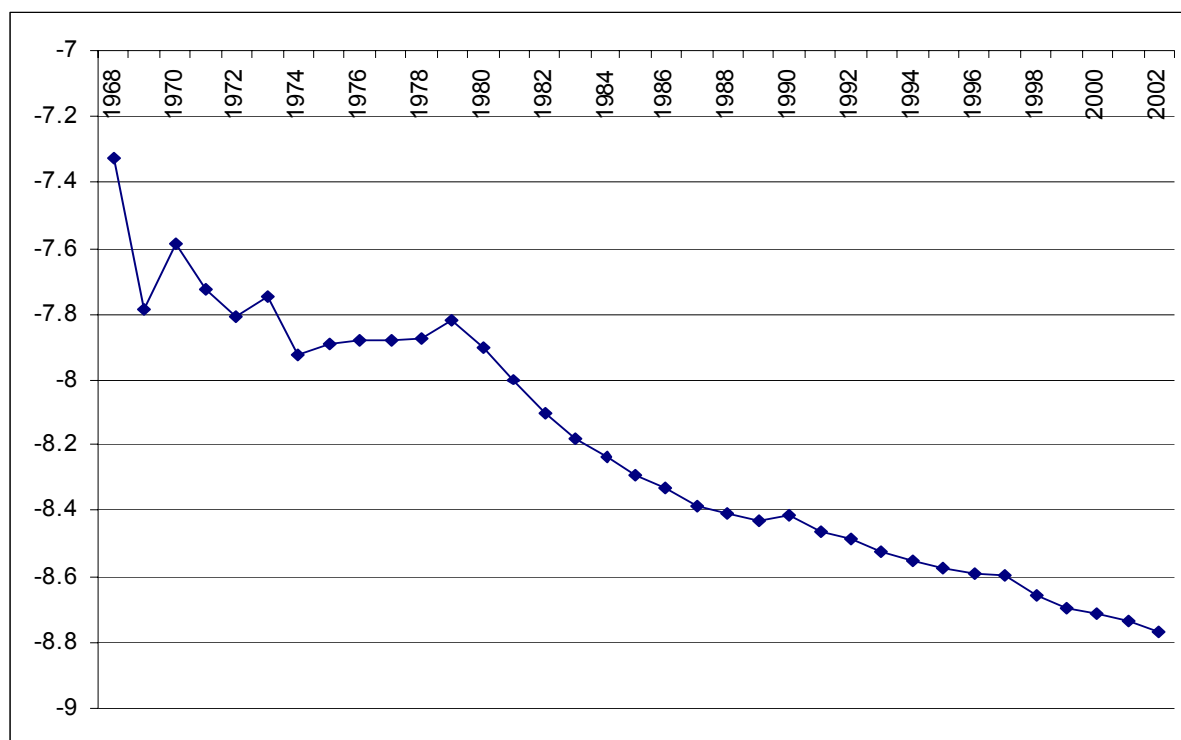
Наконец, рассмотрим численную оценку уравнения динамики фактора нефтесберегающих технологий. Коэффициент перед значением цены на нефть в предыдущий момент времени равен  $-0,001$ . Отрицательное значение коэффициента говорит о том, что со временем спрос на нефть действительно падал в силу развития нефтесберегающих технологий. Кроме того, данный коэффициент означает, что при цене, например, 20\$ за баррель в среднем за год спрос сокращается на 2%; при цене 50\$ за баррель спрос за год сокращается на 5%.

После того как мы рассмотрели численные значения коэффициентов модели, изучим, как в действительности менялся уровень нефтесберегающих технологий. Динамика логарифма данного показателя представлена на рис.5. Отметим, что, как следует из вышесказанного, экономический смысл имеет изменение показателя, а не его уровень. Так, уменьшение логарифма данного показателя на 0.1 означает, что спрос на нефть сократился за счет развития нефтесберегающих технологий приблизительно на 10%.

Из данного графика мы видим, что до 1980 года уровень используемых технологий достаточно сильно колебался без какого-либо видимого тренда (можно говорить о некотором отрицательном тренде, но он мал по сравнению с колебаниями показателя). Начиная с 1980 года, уровень развития нефтесберегающих технологий стабильно повышался (траектория показателя имеет значительный отрицательный тренд) за исключением 1989-1990 годов, когда показатель практически не менялся. Такая стагнация развития вероятно была вызвана низкими ценами на нефть в 1988 году. Отметим, что сразу же после кризиса 1979 года рост нефтесберегающих технологий в среднем составлял приблизительно 10% за год.



Рис. 5. Траектория уровня нефтесберегающих технологий



Таким образом, данный график подтверждает общепринятое мнение о том, что после нефтяных кризисов 70-х годов началось существенное развитие нефтесберегающих технологий.

#### 4.3 Изучение прогностических свойств модели

Мы хотим использовать построенную функцию спроса для прогнозирования. Поэтому сначала мы должны изучить предсказательную силу модели. Для этого нам нужно проверить стабильность коэффициентов модели и оценить ошибку прогноза, которую дает данная модель. Для проверки стабильности коэффициентов используется тест Чоу, а для оценки ошибки прогноза – ретропрогнозы. Кроме того, необходимо сравнить модель по этим двум критериям с альтернативными существующими моделями. В разделе 3.3.1 приводится описание альтернативных моделей; в разделе 3.3.2 проводится тест Чоу; в разделе 3.3.3 оценивается ошибка прогнозов на основе ретропрогнозов.

##### 4.3.1 Альтернативные модели

В качестве альтернативы предложенной модели спроса на нефть рассмотрим сначала простейшие линейные в логарифмах модели. Отметим, что здесь наибольшую ценность для нас представляет возможность использования данных моделей для

прогнозов. В этом смысле наилучшей для нас моделью является модель с наибольшей предсказательной силой, даже если данная модель не содержит какие-то значимые переменные. Как обычно, показателем прогнозной силы моделей являются тест Чоу и ретропрогнозы. Последовательность действий такова: на первом шаге мы выделяем ряд моделей спроса на нефть, на втором оцениваем коэффициенты данных моделей и проверяем их на стабильность с помощью теста Чоу, на третьем шаге по прошедшим тест на стабильность моделям строим ретропрогнозы, на четвертом сравниваем качество ретропрогнозов данных моделей и модели, предложенной в разделе 2.1.

Как и раньше, мы будем предполагать, что спрос на нефть на душу населения страны может зависеть от цены на нефть и ВВП на душу населения страны. Простейшая модель спроса на нефть тогда предполагает, что спрос на нефть является только линейной функцией ВВП на душу населения страны:

$$\ln(Q_t) = \alpha + \beta \ln(GDPpc_t) + \varepsilon_t \quad (85)$$

Более сложная модель спроса на нефть учитывает инертность спроса на нефть и предполагает, что спрос зависит также от ВВП на душу населения страны в предыдущие моменты, причем веса для значений в предыдущие моменты времени убывают в геометрической последовательности:

$$\ln(Q_t) = \alpha + \beta \ln(GDPpc_t) + \gamma \ln(Q_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (86)$$

Наконец, в модель спроса может быть добавлена цена на нефть:

$$\ln(Q_t) = \alpha + \beta \ln(GDPpc_t) + \gamma \ln(Q_{t-1}) + \phi \ln(P_t) + \varepsilon_t \quad (87)$$

Данная модель предполагает, что спрос на нефть зависит от ВВП на душу населения и цены на нефть в текущий и предыдущие моменты времени, причем веса для значений в предыдущие моменты времени также убывают в геометрической последовательности. Кроме того, скорость приспособления спроса одинакова для изменений ВВП на душу населения и цены на нефть.

Мы строили только сквозные регрессии вида (85)-(87) на тех же данных, что и в первоначальной модели, т.к. в моделях с фиксированными эффектами по странам большая часть вариации данных объясняется именно фиксированными эффектами. Результаты регрессионного анализа представлены в приложении 2 (табл. 9-11).

Из таблицы 9 видно, что в регрессии (85) ВВП на душу населения положительно и значимо влияет на спрос на нефть на душу населения. Эластичность спроса по ВВП на душу населения составляет 75%. Из таблицы 6 видно, что спрос на нефть в предыдущий момент времени значимо влияет на спрос в текущий момент времени.

## Факторы формирования цен на нефть

Кроме того, тест Вальда на равенство коэффициента перед спросом в предыдущий момент времени единице дает  $P\text{-value}=0.0000$ . Это означает, что спрос на нефть постепенно движется к своему долгосрочному равновесному значению, которое определяется уровнем ВВП на душу населения (коэффициент перед ВВП на душу населения положителен и значим уже на 1% уровне значимости). Тем не менее, скорость движения спроса к долгосрочному равновесию очень мала, т.к. коэффициент регулировки приблизительно равен 0,03. Таким образом, как и предполагалось выше, спрос на нефть обладает большой инертностью. В долгосрочной перспективе эластичность спроса по ВВП на душу населения составляет 45%.

Если в уравнение спроса на нефть добавить зависимость спроса от цены (таблица 10), то положительная зависимость спроса от ВВП на душу населения остается значимой. Кроме того, не изменяется также и качественная динамика спроса: спрос постепенно движется к своему долгосрочному равновесному значению (коэффициент перед спросом в предыдущий момент времени меньше единицы, а тест Вальда на равенство данного коэффициента единице отвергает нулевую гипотезу уже на 1% уровне значимости). Во-вторых, спрос также проявляет большую инерционность (коэффициент регулировки приблизительно равен 0.02). Коэффициент перед ценой на нефть отрицателен и значим уже на 1% уровне значимости. Это означает, что с ростом цены на нефть спрос на нефть действительно сокращается, что и предполагает стандартная функция спроса. В долгосрочной перспективе эластичность спроса по ВВП на душу населения в данной модели составляет 41%, по цене -175%.

Кроме рассмотренных простейших моделей мы изучили также и более сложные. Мы предлагаем принять во внимание две особенности спроса на нефть, которые отмечались выше. Во-первых, мы можем учесть нелинейную зависимость спроса на нефть от уровня развития стран (ВВП на душу населения). Во-вторых, мы рассмотрим способ учета развития нефтесберегающих технологий, предложенный в работе Gately (2001).

Как обсуждалось выше, по мере роста ВВП на душу населения спрос на нефть медленно растет при низких и высоких уровнях развития и быстро при промежуточных. Поэтому хорошей аппроксимацией спроса на нефть от ВВП на душу населения может служить функция Гомперца:

$$Q = \gamma e^{-\alpha e^{-\beta GDPpc}} \quad (88)$$



## Факторы формирования цен на нефть

Чтобы учесть развитие нефтесберегающих технологий, Gately предложил разбить цену на четыре составляющих:

$$\ln P_t = \ln P_1 + \ln P_{\max,t} + \ln P_{\text{cut},t} + \ln P_{\text{rec},t} \quad (89)$$

Здесь  $\ln P_1$  – цена на нефть в начальный момент времени;  $\ln P_{\max,t}$  – суммарное увеличение в максимуме цены;  $P_{\text{cut},t}$  – суммарное уменьшение цены;  $P_{\text{rec},t}$  – суммарное увеличении в подмаксимуме цены. Модель спроса на нефть тогда имеет вид:

$$\ln Q_{it} = \ln \gamma - \alpha e^{-\beta GDPpc_{it}} + \eta_1 \ln P_{\max,t} + \eta_2 \ln P_{\text{cut},t} + \eta_3 \ln P_{\text{rec},t} + \varepsilon_t \quad (90)$$

Здесь  $\varepsilon_t$  - ошибка. Таким образом, данная модель предполагает, что спрос зависит не только от текущей цены на нефть, но и от максимального уровня цен на нефть в прошлом. Кроме того, модель допускает несимметричное влияние на спрос падения и роста цены. Например, если  $\eta_2 > \eta_3$ , то рост цены вызывает большее падение спроса по сравнению с ростом спроса в случае падения цены.

Кроме модели (90) мы рассмотрели модель, учитывающую только нелинейность спроса по ВВП на душу населения:

$$\ln Q_{it} = \ln \gamma - \alpha e^{-\beta GDPpc_{it}} + \phi \ln P_t + \varepsilon_t \quad (91)$$

а также модель, учитывающую только развитие нефтесберегающих технологий:

$$\ln Q_{it} = \ln \gamma + \beta \ln(GDPpc_{it}) + \eta_1 \ln P_{\max,t} + \eta_2 \ln P_{\text{cut},t} + \eta_3 \ln P_{\text{rec},t} + \varepsilon_t \quad (92)$$

В предположении нормальности остатков в моделях (90)-(92) данные регрессии могут быть оценены методом наибольшего правдоподобия. Результаты оценок приведены в приложении 2, таблицы 12-14.

### 4.3.2 Тест Чоу (на структурные сдвиги)

Как говорилось выше, тест Чоу проверяет гипотезу о постоянстве коэффициентов модели во времени. Для проведения теста Чоу в нашей основной модели мы снова использовали тест отношения правдоподобия. Для этого мы разбили весь рассматриваемый интервал на два: до 1985 года и после. Регрессия без ограничений в данном случае предполагает различные коэффициенты рассматриваемой модели спроса на двух интервалах:

$$(93)$$



## Факторы формирования цен на нефть

$$\ln Q_t = \ln \varphi_t + \ln \mu_t - (a_1(1-d85) + a_{k+1}d85) \ln P_t - \dots - (a_k(1-d85) + a_{2k}d85) \ln P_{t-k+1} +$$

$$+ \ln POP_t - (\alpha_1(1-d85) + \alpha_2d85)e^{-(\beta_1(1-d85) + \beta_2d85)GDP_t} + \varepsilon_t^3$$

$$\ln \varphi_t = \ln \varphi_{t-1} - (b_1(1-d85) + b_{m+1}d85)P_{t-1} - \dots - (b_m(1-d85) + b_{2m}d85)P_{t-m} + \varepsilon_t^2$$

$$\ln \mu_t = (c_1(1-d85) + c_2d85) \ln \mu_t + \varepsilon_t^1$$

Регрессия с ограничением полагает, что коэффициенты в обоих периодах совпадают. Нулевая гипотеза тогда заключается в предположении верности указанных ограничений, в то время как альтернативная предполагает, что данные ограничения не выполнены. Тест отношения правдоподобия дает  $P-value = 36\%$ . Отсюда следует, что мы не можем отвергнуть нулевую гипотезу даже на 10% уровне значимости. Таким образом, мы приходим к заключению, что коэффициенты модели спроса не менялись со временем. Следовательно, у нас нет оснований полагать, что коэффициенты будут меняться в будущем, т.е. данная модель может быть использована для прогнозирования спроса на нефть.

Перейдем теперь к изучению стабильности альтернативных моделей. Рассмотрим сначала модели ((85)-(87)) Для этого рассмотрим тест Чоу для этих моделей. Сначала будем рассматривать возможность изменения со временем только коэффициента перед ВВП на душу населения. Разделим весь рассматриваемый временной интервал на два: до 1985 года и после. Далее предположим, что моделях (85)-(87) коэффициент перед ВВП на душу населения может быть неодинаков в двух периодах и оценим полученные модели. В таблице 3 представлены  $P-value$  статистик теста Вальда (F-статистика и  $\chi^2$ -статистика) на проверку гипотезы о равенстве коэффициента перед ВВП на душу населения в обоих периодах (нулевая гипотеза в этом случае состоит в предположении равенства коэффициента на обоих временных интервалах).

Таблица 3

### Тест Вальда на постоянство зависимости спроса от ВВП на душу населения

	Модель (85)	Модель (86)	Модель (87)
$P-value$ F-статистики	0,0000	0,1156	0,0018
$P-value$ $\chi^2$ -статистики	0,0000	0,1153	0,0017

Из таблицы 3 видно, что мы не можем отвергнуть гипотезу о постоянстве зависимости спроса от ВВП на душу населения только в случае модели (86), т.е. в



предположении, что спрос на нефть является функцией только спроса в предыдущий момент времени и ВВП на душу населения.

Исходя из полученных результатов, мы можем заключить, что модели (85)-(87) не являются стабильными, а потому уступают в прогнозной силе нашей основной модели. Итак, у нас осталась единственная модель, которую мы можем противопоставить модели, предложенной в разделе (2.1). Кроме зависимости спроса на нефть от ВВП на душу населения модель (86) предполагает, что спрос также зависит от спроса в предыдущий момент времени. Поэтому рассмотрим также стабильность во времени коэффициента перед спросом в предыдущий момент времени. Как и выше, разобьем весь рассматриваемый интервал на два: до 1985 года и после и оценим модель (86) в предположении, что коэффициент перед спросом в предыдущий момент времени может различаться в двух периодах. Теперь мы хотим проверить гипотезу о равенстве этого коэффициента в обоих периодах против альтернативной, предполагающей различие этого коэффициента в двух периодах. Как F-статистика, так и  $\chi^2$ -статистика теста Вальда дают  $P\text{-value} = 0.0000$ . Отсюда следует, что мы должны отвергнуть гипотезу о постоянстве коэффициента перед спросом на нефть в предыдущий момент времени уже 1% уровне. Таким образом, данная модель также уступает основной модели в прогнозной силе с точки зрения стабильности.

Рассмотрим теперь модели ((90)-(92)). Как и выше, разобьем рассматриваемый временной интервал на два: до 1985 года и после. Мы хотим проверить нулевую гипотезу о равенстве коэффициентов рассматриваемой модели в оба периода против альтернативной, предполагающей различие коэффициентов.  $P\text{-value}$   $\chi^2$ -статистики теста Вальда для проверки данной гипотезы представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Тест Вальда на стабильность коэффициентов в моделях (90)-(92)**

	Модель (90)	Модель (91)	Модель (92)
$P\text{-value}$ $\chi^2$ -статистики	0,0322	0,0000	0,0014

Из таблицы 4 видно, что для всех трех моделей (90)-(92)  $\chi^2$ -статистика теста Вальда дает  $P\text{-value} < 0.05$ . Это значит, что мы должны отвергнуть нулевую гипотезу о постоянстве коэффициентов в моделях (90)-(92) на 5% уровне значимости. Таким образом, мы показали, что модели, учитывающие нелинейность зависимости спроса на нефть от ВВП на душу населения страны и развитие нефтесберегающих технологий по



методу Gately, также уступают нашей основной модели в прогнозной силе с точки зрения стабильности.

В заключение отметим, что хотя коэффициенты нашей основной модели являются стабильными на интервале с 1965 по 2004 гг., это не означает, что коэффициенты будут оставаться стабильными и в дальнейшем. Тем не менее, мы не можем *ex ante* проверить стабильность модели в будущем, а потому можем опираться только на стабильность в прошлом.

### 4.3.3 Ретропрогнозы

Теперь мы переходим к изучению свойств ретропрогнозов. Рассмотрим сначала ретропрогнозы для нашей основной модели. Для построения ретропрогнозов мирового спроса на нефть нам необходимо учесть недостаток данных по некоторым странам. Чтобы преодолеть этот недостаток, отметим, что потребление нефти странами, для которых мы можем построить ретропрогнозы, составляет более 90% мирового потребления нефти. Кроме того, доля этих стран в мировом потреблении достаточно устойчива.

Из анализа данных по мировому потреблению видно, что хотя и существует некоторая тенденция к снижению доли рассматриваемых стран в мировом потреблении нефти, за рассматриваемый пятнадцатилетний интервал она сократилась приблизительно на 0,4%. Ошибки такого размера достаточно малы по сравнению с ошибками прогнозирования спроса на нефть в странах с доступными данными. Поэтому в дальнейшем при прогнозировании мы будем пренебрегать сокращением доли стран с доступными странами в мировом потреблении и положим, что их доля постоянна и равна 92%. Итак, формула для прогнозирования мирового спроса на нефть имеет вид:

$$Q_t^{wf} = \frac{1}{0.92} \sum_{\substack{\text{по странам} \\ \text{с доступными} \\ \text{данными}}} Q_{it}^f \quad (94)$$

Здесь  $Q_{it}^f$  - ретропрогноз спроса на нефть для страны  $i$  в момент времени  $t$ .

На рис.7 представлены реальный мировой спрос на нефть с 1980 по 2004 годы и ретропрогнозы на 15, 10 и 5 лет по нашей основной модели. Из данных графиков мы видим, что ни один из трех построенных ретропрогнозов не дает систематического смещения спроса относительно реальных данных. Стандартные статистики ретропрогнозов представлены в таблице 5.





Рис.6. Мировой спрос на нефть и ретропрогнозы

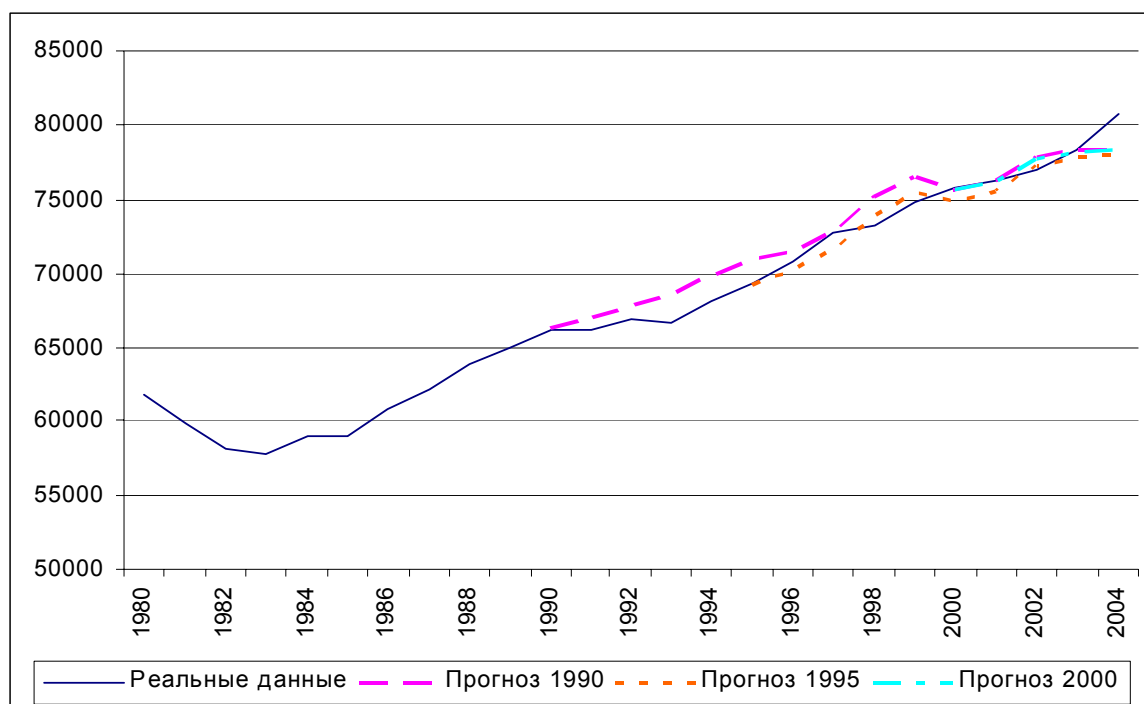


Таблица 5

**Стандартные статистики ретропрогнозов для предложенной модели спроса на нефть**

	RMSE, тыс. барр. за день	MAE, тыс. барр. за день	MAPE, %
Прогноз 1990	1311	1036	1,44
Прогноз 1995	1152	909	1,19
Прогноз 2000	1272	815	1,02

Из данных статистик видно, что качество прогнозов практически не зависит от горизонта прогнозирования. Действительно, все три статистики дают очень близкие значения ошибки при прогнозировании на 15, 10 и 5 лет вперед. Тем не менее, можно отметить, что статистика *RMSE* предполагает, что прогноз на 10 лет вперед несколько лучше прогноза на 5 лет вперед, в то время как статистики *MAE* и *MAPE* говорят об обратной зависимости данных прогнозов. Все три статистики указывают на то, что прогноз на 15 лет вперед несколько хуже прогнозов на 5 и 10 лет. Такое поведение статистик ретропрогнозов говорит о том, что ошибка прогнозов по предложенной модели быстро нарастает при прогнозах на 1-2 года и в дальнейшем практически не меняется вплоть до пятнадцатилетних прогнозов. Отсюда мы можем заключить, что

## Факторы формирования цен на нефть

предложенная модель дает относительно лучшие прогнозы в долгосрочной перспективе, чем в краткосрочной. В свою очередь данный вывод оправдывает использование данной модели именно для долгосрочных прогнозов.

Изучив свойства ретропрогнозов для основной модели, рассмотрим альтернативные модели. В табл. 6, 7 представлены стандартные статистики ретропрогнозов для моделей ((85)-(87)) и ((90)-(92)) соответственно. Как видно из приведенных таблиц, все рассмотренные альтернативные модели дают существенно более плохие ретропрогнозы по сравнению с основной моделью. Отсюда мы можем ожидать, что и в будущем основная модель будет давать более хорошие прогнозы.

Таблица 6

Стандартные статистики ретропрогнозов для моделей (119)-(121)

	Модель (85)			Модель (86)			Модель (87)		
	RMSE, тыс. барр. за день	MAE, тыс. барр. за день	MAPE, %	RMSE, тыс. барр. за день	MAE, тыс. барр. за день	MAPE, %	RMSE, тыс. барр. за день	MAE, тыс. барр. за день	MAPE, %
Прогноз 1990	6208	5732	8,16	11311	11228	15,69	4098	3483	4,97
Прогноз 1995	5974	5868	8,0	10564	10538	14,09	2667	2400	3,21
Прогноз 2000	6121	6096	7,85	10464	10428	13,42	2805	2570	3,29

Таблица 7

Стандартные статистики ретропрогнозов для моделей (124)-(126)

	Модель (90)			Модель (91)			Модель (92)		
	RMSE, тыс. барр. за день	MAE, тыс. барр. за день	MAPE, %	RMSE, тыс. барр. за день	MAE, тыс. барр. за день	MAPE, %	RMSE, тыс. барр. за день	MAE, тыс. барр. за день	MAPE, %
Прогноз 1990	11596	11551	16.12	14366	14352	19.93	6768	6492	9.18
Прогноз 1995	7980	7889	10.61	7878	7843	10.51	3717	3341	4.55
Прогноз 2000	2805	5345	6.91	3705	3670	4.74	2132	1887	2.46



## 5 Оценка эконометрической модели предложения нефти

Со стороны предложения нефти естественно выделить два типа производителей: ОПЕК и страны, не входящие в ОПЕК. Как известно, страны ОПЕК координируют объемы добычи внутри организации, и поэтому моделирование их производства требует учета их взаимодействия. Кроме того, страны ОПЕК обладают значительной долей мировых запасов нефти и поэтому могут существенно влиять на мировую цену нефти. В свою очередь страны, не входящие в ОПЕК, действуют независимо. Они обладают незначительной долей мирового производства, и поэтому могут рассматриваться как конкурентные производители.

Как было показано при анализе спроса, основная часть колебаний цены на нефть на мировом рынке связана именно с колебаниями предложения. Поэтому рассмотрение в моделях предложения цены как экзогенной переменной является некорректным и приводит к несостоятельности оценок. Для устранения данной проблемы мы использовали метод инструментальных переменных, причем в качестве инструментов для цен на нефть выступали объем мировой экономики и объем добыч странами, не входящими в ОПЕК, в предыдущий момент времени (подробнее см. Yang(2004)).

### 5.1 Предложение нефти странами, не входящими в ОПЕК

Наши оценки функций предложения нефти странами, не входящими в ОПЕК, основываются на работе Kaufmann (1991). Преимущество данной модели с точки зрения долгосрочных прогнозов заключается в том, что данная модель дает оценку суммарных запасов нефти в регионе. В свою очередь, использование данной оценки вместо суммарных доказанных запасов нефти может улучшить оценки, т.к. суммарные доказанные запасы со временем пересматриваются в большую сторону и, таким образом, дают заниженную оценку суммарных запасов и объемов добыч в будущем. Согласно данной работе долгосрочная кривая объемов добыч нефти странами, не входящими в ОПЕК, задается формулой:

$$R_t = \frac{R_\infty}{1 + ae^{-bt}} \quad (95)$$

Здесь  $R_t$  – объем нефти, добытый данной страной к моменту времени  $t$ ;  $R_\infty$  - суммарные запасы нефти в данной стране. В краткосрочном периоде объемы добыч в зависимости от цены на нефть могут отличаться от долгосрочной траектории. Уравнение для краткосрочного отклонения объемов добыч:



$$\frac{Q_t - (R_t - R_{t-1})}{R_t - R_{t-1}} = \alpha + \beta_1 P_{t,1-2} + \beta_2 P_{t,3-5} + \varepsilon_t \quad (96)$$

Оценка данной модели проводилась методом концентраций по параметру  $R_\infty$  для 7 групп стран (США, Канада, Мексика, Евразия за исключением Юго-Восточной Азии, Африка, Латинская Америка, Юго-Восточная Азия и страны Тихого океана). Результаты оценки параметра  $R_\infty$  (суммарных запасов нефти в регионе) и доказанных запасов<sup>5</sup> приведены в таблице 8.

Таблица 8

**Сравнение оценки суммарных запасов и доказанных запасов нефти в различных регионах мира**

Регион	Оценка суммарных запасов, млрд. баррелей	Доказанные суммарные запасы, млрд. баррелей
США	304	168
Канада	88	45
Мексика	63	47
Евразия за исключением Юго-Восточной Азии	469	334
Африка	55	48
Латинская Америка	96	54
Юго-Восточная Азия и страны Тихого океана	164	94

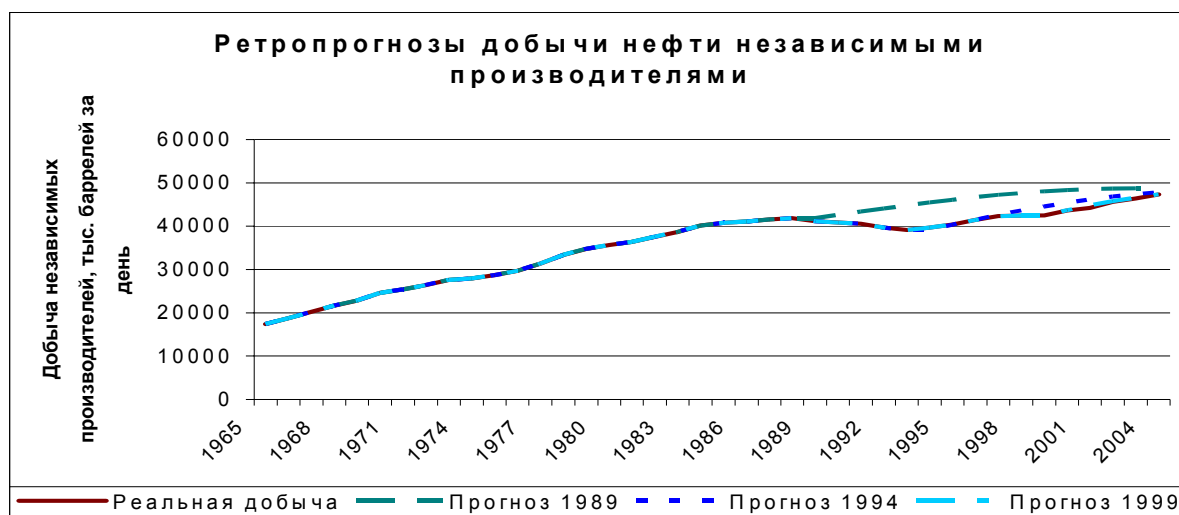
Таким образом, из данной таблицы видно, что для всех регионов мира оценка суммарных запасов довольно значительно превышает доказанные запасы, что согласуется с общей тенденцией пересмотра доказанных запасов в большую сторону. В среднем оценка превышает доказанные запасы приблизительно в 1.5 раза.

Для изучения прогностических свойств данной модели рассмотрим ретропрогнозы объемов добыч стран, не входящих в ОПЕК, на основе данной модели. Данные ретропрогнозы представлены на рис.7. Как видно из представленного графика, в данном случае ретропрогнозы несколько завышают уровень добычи странами, не входящими в ОПЕК, но дают меньший тренд роста объемов добыч. Такое поведение прогнозов, на наш взгляд, может быть следствием более быстрого падения добычи по мере исчерпания нефти, чем предполагает модель. К сожалению, на данный момент в мире нет регионов, прошедших весь цикл добычи нефти. Поэтому у нас нет возможности моделировать данное явление более подробно.

Рис.7. Ретропрогнозы добычи нефти странами, не входящими в ОПЕК

<sup>5</sup> В данном случае доказанные запасы включают также суммарный объем добытой нефти





## 5.2 Предложение нефти странами ОПЕК

Наши прогнозы объемов добычи нефти странами ОПЕК основаны на работе Yang (2004, chapter 2).

Как уже говорилось, основным отличием стран ОПЕК от независимых производителей является то, что данные страны обладают существенной долей мировых запасов нефти и координируют собственные объемы добычи, тем самым оказывая существенное влияние на мировые цены на нефть. Обладание существенными запасами нефти данными странами делает несущественным ограничение конечности запасов даже при прогнозировании до 2030 года. Такие предпосылки приводят к неразумности использования модели Кауфмана для прогнозирования объемов добычи нефти странами ОПЕК.

Для того, чтобы учесть кооперативное поведение данных стран, Янг предположил, что объемы добычи заданной страны ОПЕК зависят не только от цены на нефть, но и от объемов добычи остальными участниками картеля.

$$\ln Q_{it} = \alpha_i + \gamma_i \ln P_t + \beta_i \ln Q_{nit} + \varepsilon_{it} \quad (97)$$

Здесь  $Q_{it}$  - объем добычи нефти страной  $i$  в момент времени  $t$ ,  $Q_{nit}$  - объемы добычи нефти остальными странами ОПЕК в момент времени  $t$ . Автор получил следующие результаты (см. табл.9):

Таблица 9

### Результаты оценки уравнения предложения нефти странами ОПЕК

Страна	$\gamma_i$	$\beta_i$	<i>Adjusted R</i> <sup>2</sup>
Алжир	0,051(0,026)	0,472(0,035)	83
Индонезия	0,0096(0,032)	0,223(0,042)	44



## Факторы формирования цен на нефть

Страна	$\gamma_i$	$\beta_i$	<i>Adjusted R</i> <sup>2</sup>
Иран	0,079(0,077)	1,219(0,108)	78
Ирак	0,252(0,579)	4,491(1,219)	39
Кувейт	-0,561(0,439)	0,565(0,586)	60
Ливия	0,076(0,053)	0,697(0,073)	71
Нигерия	0,149(0,055)	1,028(0,076)	81
Катар	0,168(0,139)	1,557(0,174)	73
Саудовская Аравия	-0,305(0,133)	1,235(0,222)	60
ОАЭ	-0,005(0,079)	1,278(0,112)	81
Венесуэла	0,017(0,066)	1,147(0,09)	84

Источник: Yang (2004).

Из данной таблицы видно, что для всех стран ОПЕК за исключением Индонезии и Ирака скорректированный коэффициент детерминации составил больше 60%. Это означает, что данная модель имеет достаточно высокую предсказательную силу.

Для изучения прогностических свойств данной модели рассмотрим ретропрогнозы объемов добычи стран ОПЕК на основе данной модели. Ретропрогнозы добычи нефти странами ОПЕК представлены на рис.8. Как видно из данного графика, прогноз на 15 лет систематически занижает объемы добыч ОПЕК, в то время как прогноз на 10 лет систематически завышает объемы добыч.

Рис.8. Ретропрогнозы добычи нефти странами ОПЕК



## 6 Прогнозирование цены на нефть

### 6.1 Ретропрогнозы

Ретропрогнозы цены на нефть представлены на рис. 9. Как следует из приведенного графика, ретропрогноз на 15 лет вперед дает систематическое завышение цены на нефть. Тем не менее, данный прогноз к 2005 году дает значение цены на нефть порядка 50\$ за баррель, что приблизительно соответствует действительности. Прогнозы на 5 и на 10 лет вперед дают меньший чем в действительности рост цен на нефть.

Рис.9. Ретропрогнозы цены на нефть



В качестве альтернативной модели прогнозирования цены на нефть мы использовали широко распространенную в литературе аппроксимацию ряда цен на нефть квадратичным трендом. В табл. 10 представлены стандартные статистики ретропрогнозов для построенной модели и для аппроксимации квадратичным трендом.

Таблица 10

#### Стандартные статистики ретропрогнозов для предложенной модели

	Предложенная модель	Аппроксимация квадратичным трендом

	Предложенная модель			Аппроксимация квадратичным трендом		
	RMSE	MAE	MAPE	RMSE	MAE	MAPE
Прогноз 1990	14,9	13,4	57,5	67	53	204
Прогноз 1995	6,6	5,3	19,3	58	51	189
Прогноз 2000	8,8	8	25	47	42	137

Из табл.10 видно, что аппроксимация квадратичным трендом дает значительно более плохие результаты по сравнению с предложенной моделью.

## 6.2 Прогнозы

Для построения прогнозов цен на нефть по предложенной модели нам требуются прогнозы ВВП на душу населения стран и прогнозы населения стран. Прогнозы ВВП на душу населения были взяты из работы Wilson(2003), а прогнозы населения с сайта [www.census.gov](http://www.census.gov). Прогнозная траектория цен на нефть – это такая траектория, которая выравнивает спрос и предложение нефти в каждый момент времени. Данная траектория цен была получена с использованием эконометрического пакета Gauss4.0. Прогноз начинается с 2006 года. Результаты построения прогнозов цен на нефть, объемов добычи странами ОПЕК, объемов добычи странами, не входящими в ОПЕК, и мирового спроса на нефть представлены на рис. 10-14.

Рис.10. Прогноз цены на нефть, цены 2004 г.

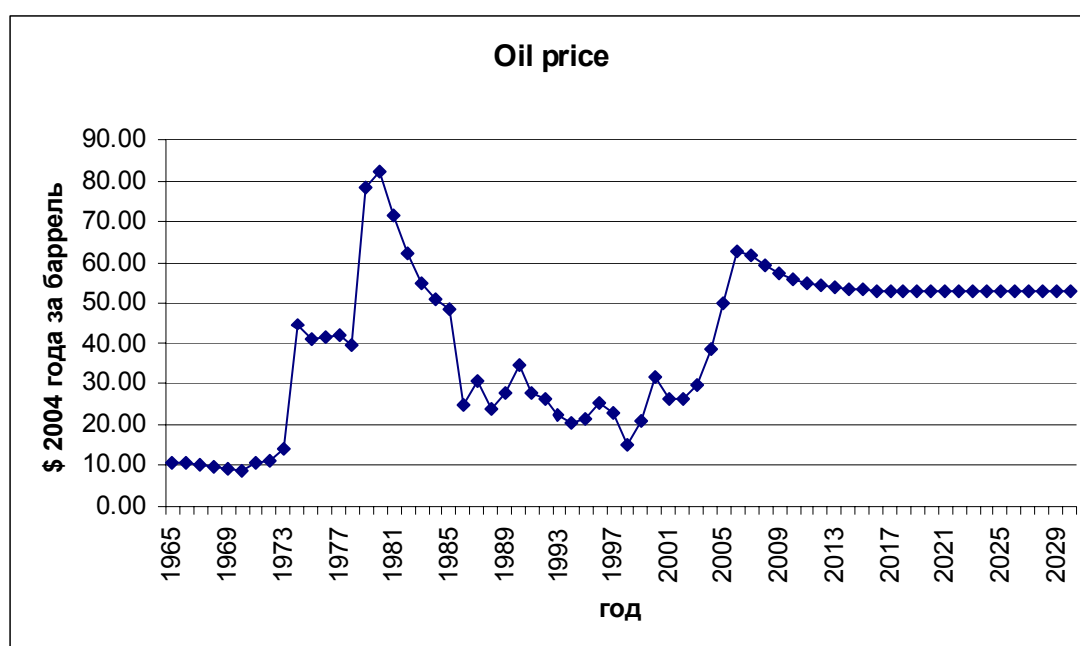




Рис.11. Прогноз цены на нефть, текущие цены

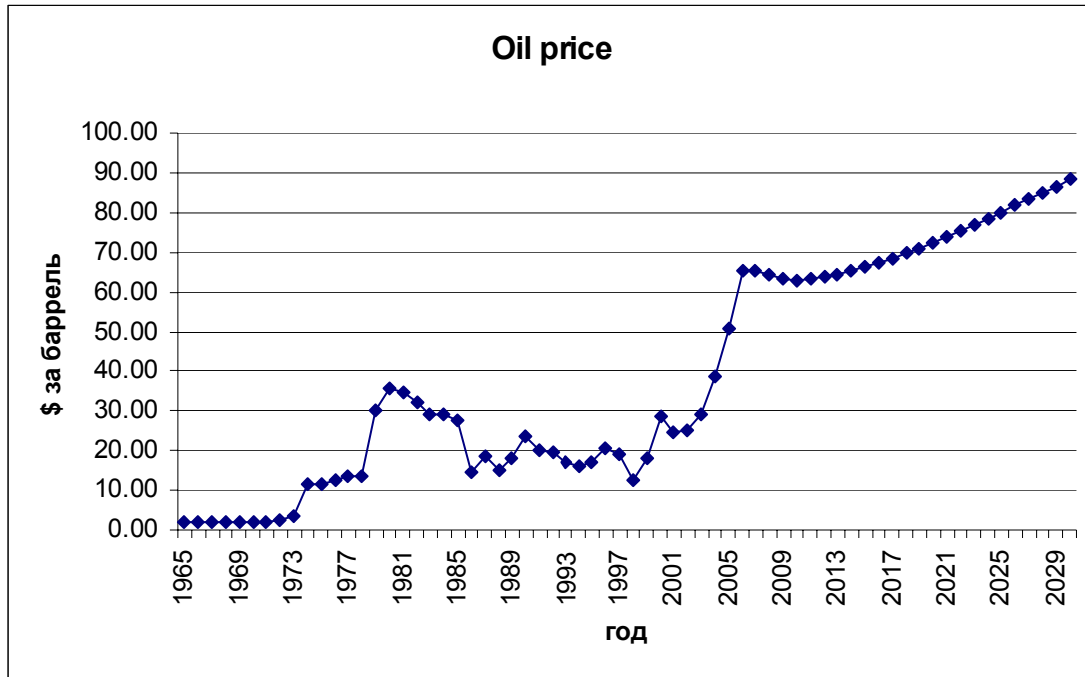


Рис.12. Прогноз объемов добычи странами ОПЕК, тыс. барр. в день

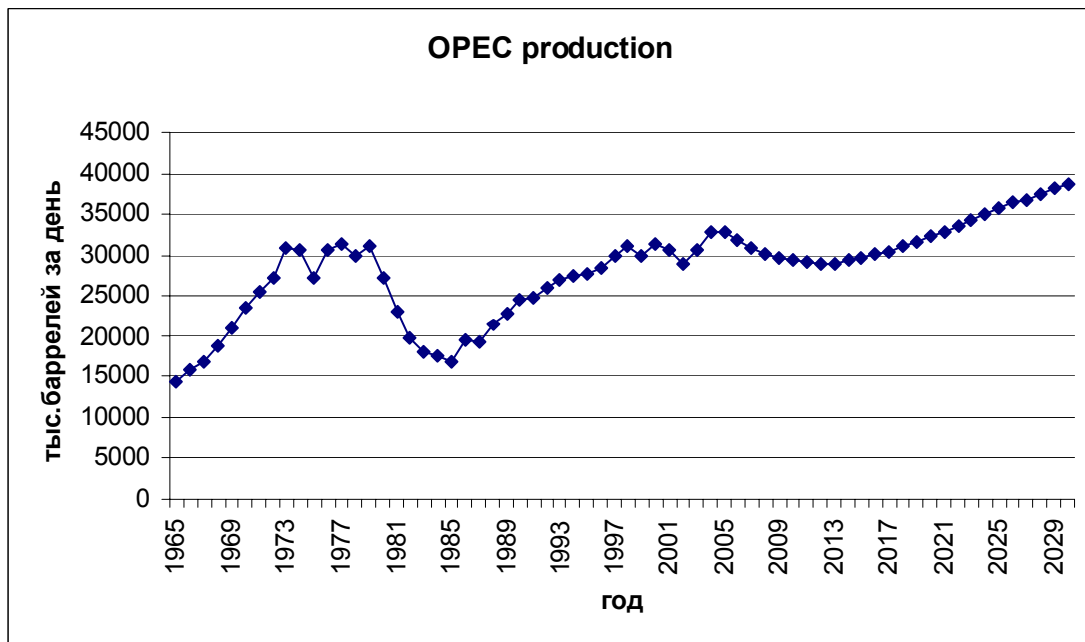


Рис.13. Прогноз объемов добычи странами, не входящими в ОПЕК, тыс. барр. в день

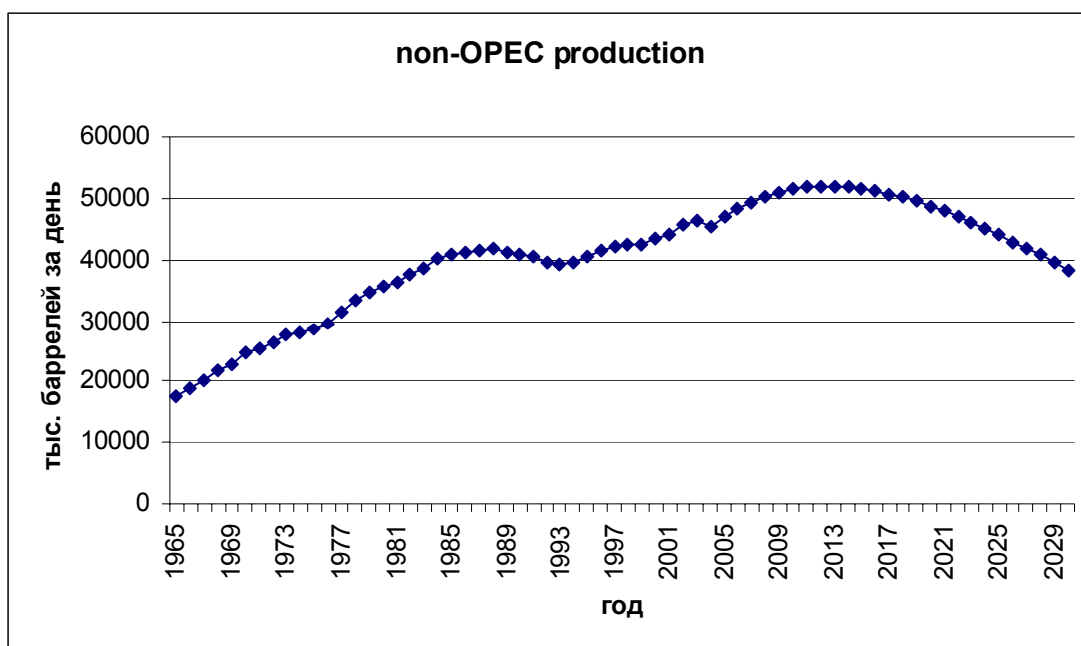
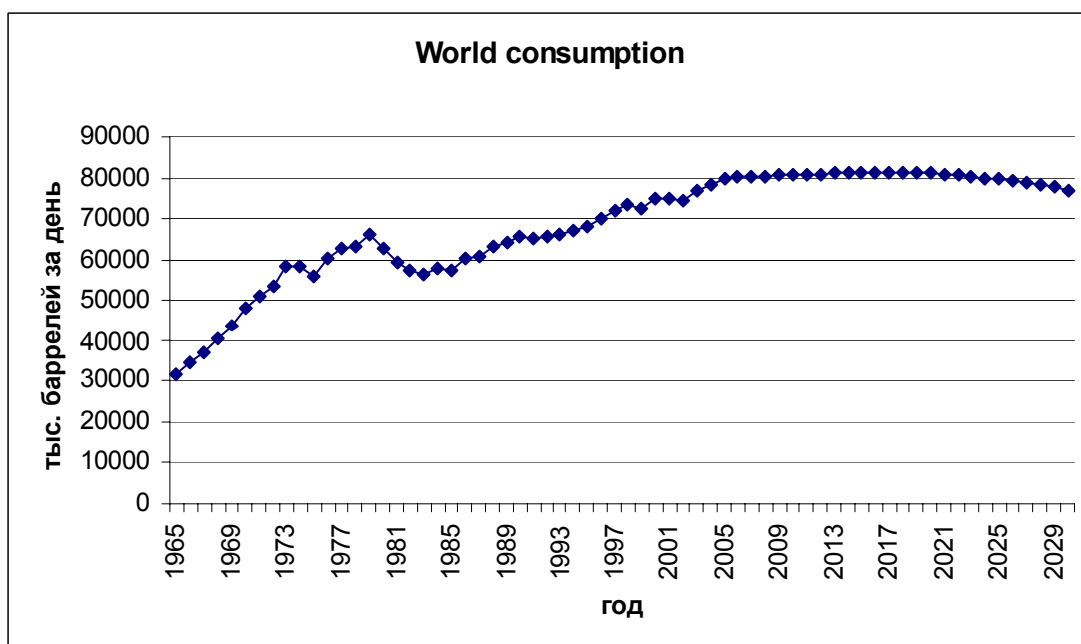


Рис.14. Мировое потребление нефти, тыс. барр. в день



Таким образом, из данных графиков видно, что, согласно нашим прогнозам, цена 2006 года приблизительно 63\$ за баррель является значительно завышенной по сравнению с долгосрочным трендом. Вследствие этого после 2006 года ожидается падение цены до приблизительно 53\$ за баррель к 2013 году. В дальнейшем до 2030 года цена будет находится на уровне примерно 53 \$ за баррель. Согласно модели,

## Факторы формирования цен на нефть

стабилизация цен достигается за счет уравнивания трех факторов: роста объемов добычи в странах ОПЕК, развития нефтесберегающих технологий и падения объемов добычи в странах, не входящих в ОПЕК.

Мировое потребление нефти зафиксировано на уровне примерно 81-82 млн. баррелей в день и будет оставаться стабильным до 2020 года. Начиная с 2021 года, потребление будет падать в среднем на 0.5% в год за счет более экономного использования нефти. Добыча нефти странами ОПЕК падает с 33 млн. баррелей в день в 2004 году до менее чем 30 млн. баррелей в день к 2013 году. После 2013 года добыча нефти странами ОПЕК растет в среднем на 1.9% в год. Добыча нефти странами, не входящими в ОПЕК, будет расти в среднем на 1% в год на интервале с 2005 по 2012 годы, после чего поменяет тренд и начнет сокращаться. На интервале с 2013 по 2030 годы добыча этих стран будет сокращаться в среднем на 2% в год.

Вероятно наиболее неожиданными результатами данных прогнозов являются излом трендов при переходе от реальных данных к прогнозу в мировом потреблении нефти. Излом в мировом потреблении нефти объясняется очень высокими ценами на нефть в 2005 году (приблизительно 50\$ за баррель). Если обратиться к истории рынка нефти, то, как видно из графиков 10 и 14, в конце 70-х годов, когда цена на нефть составила 80\$ за баррель, происходило значительное падение мирового потребления нефти. Даже незначительные повышения цены в 1990 и 2000 годах приводили к остановке роста мирового потребления нефти. Таким образом, на наш взгляд, данная смена тенденций в мировом потреблении нефти хорошо согласуется с историей рынка.



## Заключение

Перспективная динамика мировых цен на нефть будет определяться большим числом факторов, среди которых можно выделить рост мировой экономики, структурные характеристики мирового спроса на нефть, зависимость основных стран-потребителей от импорта нефти, энергоемкость и нефтеемкость экономики, уровень эффективности нефтепотребляющих технологий, относительную конкурентоспособность других видов топлива, структурные и геологические характеристики мировых запасов нефти, структурные характеристики мирового производства и экспорта нефти, действия ОПЕК по регулированию объемов добычи нефти странами – членами организации, политику других нефтедобывающих государств в отношении нефтяного сектора, применение новых технологий разведки и добычи нефти.

Чрезвычайно высокие цены на нефть вряд ли могут быть устойчивы в течение длительного периода времени. Ограничения для долгосрочного подъема нефтяных цен включают замещение нефти другими видами топлива, маргинальные источники традиционной нефти, которые при росте цен переходят в разряд запасов, и нетрадиционные источники нефти, которые переходят в разряд запасов при еще более высоких ценах. Можно ожидать, что конкуренция на мировом нефтяном рынке останется достаточно сильной, чтобы препятствовать усилиям ОПЕК поддерживать чрезвычайно высокие цены на нефть в течение длительного времени. Конкурентные силы действуют в рамках ОПЕК, между ОПЕК и странами – не членами ОПЕК, а также между традиционной нефтью и другими источниками энергии (прежде всего нетрадиционной нефтью, природным газом и углем). На мировом рынке остается значительный потенциал увеличения добычи нефти за пределами ОПЕК.

В то же время можно ожидать, что устойчивый рост спроса на нефть, особенно в странах с формирующейся экономикой, включая Китай и Индию, будет поддерживать давление на нефтяной рынок, а страны ОПЕК будут способны ограничивать производство нефти в целях поддержания цен. Существенное влияние будет оказывать рост производственных затрат в результате истощения месторождений во многих традиционных районах нефтедобычи и освоения новых, более сложных нефтяных месторождений. В результате можно ожидать, что мировые цены на нефть в



## Факторы формирования цен на нефть

долгосрочной перспективе будут находиться на более высоком уровне, чем в последние два десятилетия до подъема цен в 2004–2006 гг.

В представленной работе проанализированы возможности улучшения существующих методов прогнозирования цен на нефть за счет улучшения прогнозирования спроса на нефть. Анализ существующих работ показал, что можно выделить два подхода к построению прогнозов цен на нефть. Первый, структурный, подход предполагает отдельное моделирование спроса и предложения нефти. Второй подход основан на моделировании временного ряда цен на нефть. Вторым подходом получил значительное развитие после опубликования работы Pindyck (1999), в которой автор предложил рассматривать цены на нефть как временной ряд, стремящийся к колеблющемуся ненаблюдаемому среднему. Такой подход достаточно хорошо улавливает долгосрочную траекторию цен на нефть и слабо зависит от значительных колебаний цен в 70-х годах.

Структурный подход выделяет три типа участников рынка нефти: потребители, независимые производители и страны ОПЕК. Разделение предложения на независимых производителей и страны ОПЕК связано с внутренней структурой рынка. Независимые производители обладают относительно незначительными запасами нефти и не координируют собственные объемы добычи. Как следствие, данные производители не имеют какой-либо значимой рыночной силы и не могут существенно влиять на цену нефти. Кроме того, незначительность запасов нефти данных производителей приводит к постоянной значимости конечности их запасов. Такие результаты оправдывают оценку поведения этих производителей на основе модели, описанной в работе Kaufmann (1991). В данной работе предполагается существование долгосрочной кривой добычи в изучаемом регионе, которая определяется только характеристиками данного региона и не зависит от экономических факторов. В краткосрочной перспективе траектория добычи может отклоняться от долгосрочной под влиянием цен на нефть. На данной модели были основаны наши прогнозы объемов добычи независимых производителей.

Страны ОПЕК отличаются от независимых производителей тем, что они обладают значительной долей мировых запасов нефти и, кроме того, координируют собственные объемы добычи. Отсюда следует, что, во-первых, данные производители могут существенно влиять на цену на нефть, и, во-вторых, их поведение нельзя моделировать по отдельности. Хотя в работе Yang (2004) и представлен метод для моделирования кооперативного поведения стран ОПЕК, на настоящий момент в



## Факторы формирования цен на нефть

литературе не существует качественного метода для построения долгосрочной траектории объемов добычи нефти ОПЕК. Поэтому задача построения таких методов нам представляется довольно интересной. Возможно, наиболее правильным является использование сценарных прогнозов. В данной работе долгосрочные прогнозы цен на нефть были построены на основе работы Янга.

В то время как конечной целью работы являлось построение долгосрочных прогнозов цен на нефть, значительное внимание уделено моделированию и изучению прогностических свойств построенной модели спроса на нефть. Как показано в работе, одним из ключевых факторов, определяющих спрос на нефть, наряду с размером мировой экономики является развитие нефтесберегающих технологий. Как следует из предложенной теоретической модели, развитие нефтесберегающих технологий зависит от текущего уровня данных технологий, их прошлого развития и цены на нефть. При этом развитие нефтесберегающих технологий ускоряется с ростом цены на нефть.

В представленной работе предложен метод моделирования спроса на нефть с учетом развития нефтесберегающих технологий на основе калмановского фильтра. Калмановский фильтр позволяет не только выделить уровень развития нефтесберегающих технологий, но и оценить факторы, определяющие данный уровень. Учет развития нефтесберегающих технологий существенно улучшает прогностические свойства модели по сравнению с другими, более простыми, моделями.

Согласно полученным прогнозам, цена на нефть, сложившаяся в 2006 г., является значительно завышенной по сравнению с долгосрочным трендом. Вследствие этого после 2006 г. следует ожидать падения цены на нефть до приблизительно 53 долл. за баррель к 2013 г. для нефти сорта Brent. В дальнейшем до 2030 г. цена на нефть будет находиться примерно на этом уровне. Согласно модели, стабилизация цен достигается за счет уравнивающего действия трех факторов: роста объемов добычи в странах ОПЕК, развития нефтесберегающих технологий и падения объемов добычи в странах, не входящих в ОПЕК.

Прогнозируемый уровень мировых цен на нефть создает вполне благоприятные условия для формирования доходной части государственного бюджета, пополнения стабилизационного фонда и развития нефтяного сектора российской экономики. В то же время необходимое для увеличения производства и экспорта нефти освоение новых нефтяных месторождений с повышенными затратами, в частности, месторождений восточной части страны, требует проведения специальной налоговой политики, стимулирующей инвестиции.



## Факторы формирования цен на нефть

Размер льгот, предоставляемых с 2007 г. при освоении нефтяных месторождений Восточно-Сибирской нефтегазовой провинции, при прогнозируемом на перспективу уровне мировых цен на нефть представляется, однако, избыточным. Как показывают расчеты, для новых месторождений Восточной Сибири налоговые каникулы по НДС могут быть уменьшены с 10 до 5-7 лет (в зависимости от степени подготовленности месторождения к разработке).

Более предпочтительным, однако, представляется предоставление налоговых льгот в форме введения понижающего коэффициента к ставке НДС, применяемого при разработке новых месторождений определенных регионов в течение всего периода разработки.



## Литература

Al-Yousef N., 1998. Economic models of OPEC behavior and the role of Saudi Arabia.

Annual Energy Outlook 2006. US DOE/EIA, 2006. <http://www.eia.doe.gov>

Barsky R., Kilian L., 2004. Oil and the macroeconomy since the 1970s. NBER working paper 10855.

Bernard J.T., Khalaf L., Kichian M., 2004. Structural change and forecasting long-run energy prices. Bank of Canada working paper 2004-5.

BP Statistical Review of World Energy. Различные выпуски. BP p.l.c., London, 1997–2006.

Cordesman A. Middle Eastern energy after the Iraq war: current and project trends. January 30, 2004. <http://www.csis.org>

Davis S.C., Diegel S.W. Transportation Energy Data Book: Edition 24. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory, December 2004. <http://cta.ornl.gov/data/index.shtml>

Dees S., Karadeloglou P., Kaufmann R.K., Sanchez M. Modelling the world oil market assessment of a quarterly econometric model.

Dufour J.M., 2004. Monte Carlo tests with nuisance parameters: a general approach to finite-sample inference and nonstandard asymptotics.

Energy Statistics of OECD Countries: 2003–2004. 2006 Edition. OECD/IEA, 2006.

Energy Balances of OECD Countries: 2003–2004. 2006 Edition. OECD/IEA, 2006.

Energy Statistics of Non-OECD Countries: 2003–2004. 2006 Edition. OECD/IEA, 2006.

Energy Balances of Non-OECD Countries: 2003–2004. 2006 Edition. OECD/IEA, 2006.

Gately D., Huntington H.G, 2001. The asymmetric effects of changes in price and income on energy and oil demand. Economic research reports.

Green E.J., Porter R.H., 1984. Noncooperative collusion under imperfect price information.

Hamilton J.D. State-space models. Chapter 50 of Handbook of econometrics.

Jalali-Naini A.R., Manesh M.K. Price volatility, hedging and variable risk premium in the crude oil market. OPEC Review, vol. XXX, No. 2, 2006.





## Факторы формирования цен на нефть

Kaufmann R.K., Bradford A., Belanger L.H., Mclaughlin J., Miki Y. Determinants of OPEC production: implications for OPEC behavior.

Kaufmann R.K., 1991. Oil production in the lower 48 states. Reconciling curve fitting and econometric models. Resources and Energy, Vol. 13.

Key World Energy Statistics 2005. OECD/IEA, 2005.

Lee R. The petroleum industry in the 21<sup>st</sup> century. – CERA Week, Houston, February 11, 2003. <http://www.exxonmobil.com/newsroom>

Krautkraemer J.A. Economics of natural resource scarcity: the state of the debate.

Krichene N., 2002. World crude oil and natural gas: a demand and supply model. Energy economics, No.24.

Mason C.F., Polasky S., 2005. What motivates membership in non-renewable resource cartels? The case of OPEC. Resources and Energy Economics.

Monthly Oil Market Report. Различные выпуски. OPEC, 1998–2006. <http://www.opec.org>

Indicators of Energy Use and Efficiency: Understanding the link between energy and human activity. OECD/IEA, 1997.

International Energy Annual 2006. US DOE/EIA, 2006. <http://www.eia.doe.gov>

International Energy Outlook 2006. US DOE/EIA, 2006. <http://www.eia.doe.gov>

Global Economic Prospects 2005. World Bank, 2005. . <http://www.worldbank.org>

Oil Market Report. Различные выпуски. OECD/IEA, 1998–2006. <http://www.iea.org>

Oil Information: 2006 Edition. OECD/IEA, 2006.

OPEC Annual Statistical Bulletin 2005. OPEC Secretariat, 2006.

Parry I.W.H. Productivity trends in the natural resource industries.

Pindyck R.S., 1978. Gains to producers from the cartelization of exhaustible resources. The Review of Economics and Statistics, Vol. 60, No. 2.

Pindyck R.S., 1999. The long-run evolution of energy prices. MIT Center for Energy and Environmental Policy Research. Working paper. <http://www.mit.edu>

Ramcharan H., 2001. OPEC's production under fluctuating oil prices: further test of the target revenue theory. Energy Economics, Vol. 23.

Rotemberg J.J., Saloner G., 1986. A supergame-theoretic model of price wars during booms. The American Economic Review, Vol.76, No.3.

Salant S.W., 1976. Exhaustible resources and industrial structure: a Nash-Cournot approach to the world oil market. The Journal of Political Economy, Vol.84, No. 5.

Saving Oil in a Hurry. OECD/IEA, 2005.



## Факторы формирования цен на нефть

Shihab-Eldin A. OPEC's Long-Term Strategy. *Geopolitics of Energy*, vol. 28, No. 4-5, 2006, p. 2-7.

Skinner R. Oil: its Price, Peak and Politics. *Geopolitics of Energy*, vol. 28, No. 4-5, 2006, p. 8-17.

Smith J.L., 2003. Distinguishable patterns of competition, collusion and parallel action.

Smith J.L., 2002. Inscrutable OPEC? Behavioral tests of the cartel hypothesis.

Short-Term Energy Outlook. Различные выпуски. US DOE/EIA, 1998–2006.  
<http://www.eia.doe.gov>

US DOE assesses economic effect of China's energy push. *Oil & Gas Journal*, May 1, 2006.

US Encyclopedia of Energy: A history of OPEC.

Welch G., Bishop G., 2004. An introduction to the Kalman Filter.

World Development Indicators. The World Bank, Washington, 2005.

World Economic Outlook 2005. International Monetary Fund, Washington, DC, April 2005. <http://www.imf.org>

World Energy Outlook 2004. OECD/IEA, 2004.

World Markets Research Centre. Automotive Sector Analysis: India and China. October 2004. . <http://www.wmrc.com>

World Oil Market and Oil Price Chronologies: 1970–2005. US DOE/EIA, 2006.  
<http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/chron.html>

Worldwide Look at Reserves and Production. – *Oil & Gas Journal*, Vol. 102, No. 47, December 20, 2004, pp. 22–23.

Yang Bo, 2004. OPEC behavior. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.

Бобылев Ю.Н., Четвериков Д.Н. Факторы развития рынка нефти. М.: ИЭПП, 2006.

Гайдар Е.Т. Регулирование нефтяного рынка в XX веке. – В кн.: Гайдар Е.Т. Гибель империи. Уроки для современной России. М.: РОССПЭН, 2006. С.108-120.

Основные концептуальные положения развития нефтегазового комплекса России. – М.: Минтопэнерго России, 2000.

Петров В.В., Артюшкин В.Ф. Поведение цен на мировом рынке нефти. М.: Фазис, 2004.



## Факторы формирования цен на нефть

Петров В.В., Поляков Г.А., Полякова Т.В., Сергеев В.М. Долгосрочные перспективы российской нефти. М.: Фазис, 2003.

Щелкачев В.Н. Сравнительный анализ нефтедобычи по странам и разработки нефтяных месторождений отечественных и зарубежных. М.: Нефть и газ, 1996.

Энергетическая политика России. Обзор 2002. ОЭСР/МЭА, 2002.

Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 августа 2003 г. № 1234-р.  
<http://www.mte.gov.ru/docs>



## Приложение 1

### Список стран, по которым строились ретропрогнозы:

США, Канада, Мексика, Аргентина, Бразилия, Чили, Колумбия, Эквадор, Перу, Венесуэла, Австрия, Беларусь, Бельгия, Болгария, Чехия, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Исландия, Ирландия, Италия, Казахстан, Литва, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Румыния, Россия, Словакия, Испания, Швеция, Швейцария, Турция, Туркменистан, Украина, Великобритания, Узбекистан, Иран, Саудовская Аравия, Алжир, Египет, Южно-Африканская республика, Австралия, Бангладеш, Китай, Индия, Индонезия, Япония, Малайзия, Новая Зеландия, Пакистан, Филиппины, Сингапур, Южная Корея, Тайланд.

## Приложение 2

**Таблица 9. Сквозная регрессия вида (85)**

Dependent Variable: LOG(Q?)  
 Method: Pooled Least Squares  
 Date: 01/12/06 Time: 17:00  
 Sample(adjusted): 1965 2004  
 Included observations: 40 after adjusting endpoints  
 Number of cross-sections used: 43  
 Total panel (balanced) observations: 1720

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-12.32694	0.015219	-809.9456	0.0000
LOG(GDPPC?)	0.751268	0.006728	111.6570	0.0000
R-squared	0.878889	Mean dependent var		-
				11.00815
Adjusted R-squared	0.878818	S.D. dependent var		1.143523
S.E. of regression	0.398074	Sum squared resid		272.2396
F-statistic	12467.28	Durbin-Watson stat		0.037116
Prob(F-statistic)	0.000000			

**Таблица 10. Сквозная регрессия вида (86)**

Dependent Variable: LOG(Q?)  
 Method: Pooled Least Squares  
 Date: 01/12/06 Time: 17:01  
 Sample(adjusted): 1966 2004  
 Included observations: 39 after adjusting endpoints  
 Number of cross-sections used: 43  
 Total panel (balanced) observations: 1677

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.288569	0.050022	-5.768793	0.0000
LOG(GDPPC?)	0.011810	0.003256	3.627419	0.0003
LOG(Q?(-1))	0.973809	0.004045	240.7275	0.0000
R-squared	0.996642	Mean dependent var		-10.99302
Adjusted R-squared	0.996638	S.D. dependent var		1.134031
S.E. of regression	0.065756	Sum squared resid		7.238215
F-statistic	248402.9	Durbin-Watson stat		1.357604
Prob(F-statistic)	0.000000			



**Таблица 11. Сквозная регрессия вида (87)**

Dependent Variable: LOG(Q?)

Method: Pooled Least Squares

Date: 01/12/06 Time: 17:02

Sample(adjusted): 1966 2004

Included observations: 39 after adjusting endpoints

Number of cross-sections used: 43

Total panel (balanced) observations: 1677

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.102458	0.048979	-2.091880	0.0366
LOG(GDPPC?)	0.008492	0.003082	2.755078	0.0059
LOG(Q?(-1))	0.979446	0.003839	255.1142	0.0000
LOG(PRICE)	-0.036005	0.002513	-14.32552	0.0000
R-squared	0.997009	Mean dependent var	-10.99302	
Adjusted R-squared	0.997003	S.D. dependent var	1.134031	
S.E. of regression	0.062079	Sum squared resid	6.447344	
F-statistic	185873.0	Durbin-Watson stat	1.498179	
Prob(F-statistic)	0.000000			

**Таблица 12. Регрессия (90)**

Dependent Variable: LOG(Q?)

Method: Maximum Likelihood (Marquardt)

Date: 01/17/06 Time: 17:41

Sample: 1965 2004

Included observations: 40

Evaluation order: By observation

Convergence achieved after 78 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-10.15081	0.036193	-280.4629	0.0000
$\alpha$	3.292544	0.053633	-61.38983	0.0000
$\beta$	0.271697	0.021511	-12.63058	0.0000
$\mu_1$	0.062409	0.021674	2.879425	0.0040
$\mu_2$	0.023844	0.048214	0.494533	0.6209
$\mu_3$	0.054360	0.074632	0.728377	0.4664
$\sigma_\varepsilon$	0.406186	0.015085	26.92643	0.0000
Log likelihood	-890.7698	Akaike info criterion	44.88849	



## Факторы формирования цен на нефть

Avg. log likelihood	-22.26925	Schwarz criterion	45.18404
Number of Coefs.	7	Hannan-Quinn criter.	44.99535

---

### Таблица 13. Регрессия (91)

Dependent Variable: LOG(Q?)  
 Method: Maximum Likelihood (Marquardt)  
 Date: 01/17/06 Time: 17:51  
 Sample: 1965 2004  
 Included observations: 40  
 Evaluation order: By observation  
 Convergence achieved after 40 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-10.09413	0.040011	-252.2839	0.0000
$\alpha$	3.306970	0.032471	-101.8440	0.0000
$\beta$	0.270412	0.017898	-15.10883	0.0000
$\phi$	0.001576	0.000871	1.809561	0.0704
$\sigma_\varepsilon$	0.408831	0.011225	36.42212	0.0000

---

Log likelihood	-901.8008	Akaike info criterion	45.34004
Avg. log likelihood	-22.54502	Schwarz criterion	45.55115
Number of Coefs.	5	Hannan-Quinn criter.	45.41637

---

### Таблица 14. Регрессия (92)

Dependent Variable: LOG(Q?)  
 Method: Maximum Likelihood (Marquardt)  
 Date: 01/17/06 Time: 18:11  
 Sample: 1965 2004  
 Included observations: 40  
 Evaluation order: By observation  
 Convergence achieved after 438 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-12.33622	0.026396	-467.3576	0.0000
$\beta$	0.754933	0.006771	111.5023	0.0000
$\mu_1$	0.043469	0.016649	2.610930	0.0090
$\mu_2$	0.060028	0.047215	1.271388	0.2036
$\mu_3$	0.017578	0.073594	0.238856	0.8112



## Факторы формирования цен на нефть

$\sigma_\varepsilon$	0.391906	0.011265	34.78831	0.0000
<hr/>				
Log likelihood	-829.1992	Akaike info criterion	41.75996	
Avg. log likelihood	-20.72998	Schwarz criterion	42.01329	
Number of Coefs.	6	Hannan-Quinn criter.	41.85156	
<hr/>				

