



ЕВРОПЕЙСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

**Юлия Раскина**

Обзор подходов  
к моделированию  
цен на нефть

Препринт Ес–05/10

**Факультет экономики**

Санкт-Петербург  
2010

УДК 330.35

ББК 65.01

P24

**Раскина Ю.В.**

**P24** **Обзор подходов к моделированию цен на нефть** / Юлия Раскина : Пре-принт Ес–05/10: Факультет экономики. — СПб. : Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2010. — 28 с.

Огромный размер рынка нефти, его связь с экономическим ростом и глобальным распределением богатства делают нефть уникальным товаром. С прогнозами цен на нефть связаны планы развития как государств, так и отдельных фирм. Скачки в ценах на нефть оказывают влияние на мировую экономику, сравнимое со стихийными бедствиями планетарного масштаба. Не удивительно, что огромный пласт научной литературы посвящен исследованию рынка нефти, моделированию и прогнозированию цен на нефть. В данной работе изложены основные факты об устройстве рынка нефти и поведении цен на нее, а также приведен обзор современной научной литературы, посвященной рынку нефти, рассмотрены основные подходы к моделированию и прогнозированию нефтяных цен.

*Информация об авторе:* Раскина Юлия Владимировна — старший преподаватель факультета экономики Европейского университета в Санкт-Петербурге, raskina@eu.spb.ru.

Издание осуществлено за счет средств проекта создания специализации по природным ресурсам и экономике энергетики «ЭксонМобил».

© Ю.В. Раскина, 2010

## Динамика цен на нефть, исторический обзор

На протяжении ста лет — с 1874 по 1974 г. — цены на нефть оставались стабильными (см. Рисунок 1). Они колебались от одного до трех долларов за баррель в номинальном выражении и практически всегда укладывались в коридор от пятнадцати до тридцати долларов за баррель в ценах 2009 г.

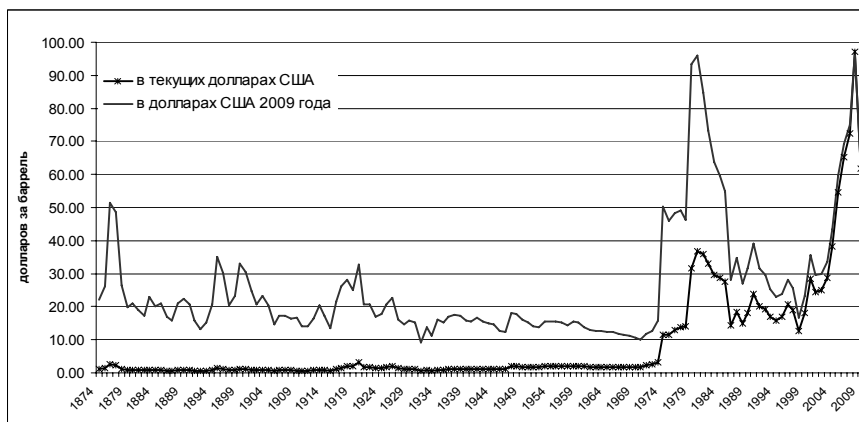


Рисунок 1. Цена на сырую нефть.

Источник данных: BP Statistical Review of World Energy 2010.

Смена ценового режима произошла в 1974 г., во время Израильско-Арабского конфликта, получившего название «война Судного дня». К этому времени картель ОПЕК существовал уже более 10 лет. Его ответом на действия Израиля и поддержку этих действий со стороны США стало эмбарго на поставки нефти из стран картеля в страны, поддерживающие Израиль. Предложение нефти сократилось на 4 млн баррелей в день (около 6 % мирового производства нефти). Среднегодовая цена на нефть выросла с 3.29 долларов за баррель в текущих ценах (15.89 долларов за баррель в ценах 2009 г.) в 1973 г. до 11.58 долларов за баррель в текущих ценах (50.41 доллар за баррель в ценах 2009 г.) в 1974 году. События 1979–1980 гг. (Иранская революция и Ирано-Иракская война) послужили причиной еще более резкого роста цен. В это время сокращение предложения нефти доходило до 8–9 % от всего мирового производства. Цены выросли с 14.02 долларов за баррель в текущих ценах (46.13 долларов за баррель в ценах 2009 г.) в 1978 году до 31.61 долла-

ров за баррель в текущих ценах (93.41 доллар за баррель в ценах 2009 г.) в 1979 г. Далее происходило снижение цен (так, в июне 1986 г. цена снижалась до 10 долларов за баррель, в некоторые моменты опускаясь ниже 14 долларов за баррель), но они оставались по-прежнему высоко волатильными.

Поведение цен на нефть стало похоже на поведение цен на активы на финансовых рынках. Кратковременный скачок произошел в 1991 г. во время войны в Персидском заливе. Позже на фоне постоянных колебаний происходили довольно существенные взлеты и падения цены, обусловленные как падением спроса на нефть во время и после азиатского финансового кризиса, так и действиями ОПЕК по сокращению поставок нефти. И наконец в 2002 г. начался долговременный их рост, закончившийся в 2008 г. мировым экономическим кризисом.

Подробную хронологию поведения рынка нефти с 1970 г. по настоящее время можно найти на сайте Управления информации по энергетике США (U.S. Energy Information Administration, EIA)<sup>1</sup>. Подробная хронология и анализ цен на нефть также представлены на сайте агентства WTRG Economics<sup>2</sup>.

Шоки цен на нефть (1973–1974 гг., 1979–1980 гг., 1991 г.) и рост (2003–2008 гг.) происходили в разных макроэкономических условиях, причины, вызывающие их, были различны, различны были и последствия этих шоков для экономики и, в том числе, для поведения цен на нефть после шоков.

В литературе, посвященной исследованию рынка нефти и цен на нефть, различаются шоки спроса и шоки предложения. Надо отметить, что многие авторы, особенно журналисты, занимающиеся экономическими и политическими вопросами, в основном концентрируются на шоках предложения, связанных с нестабильностью поставок нефти и действиями ОПЕК и других нефтедобывающих стран, хотя это, возможно, не всегда служит основной причиной колебаний цены нефти. Так, в работе Kilian (2009), посвященной исследованию причин и последствий шоков цен на нефть, автор предлагает структурную декомпозицию реальных цен на сырую нефть, при которой выделяются три компонента: шоки предложения нефти; шоки глобального спроса на все промышленные товары, в том числе и на нефть, в рамках растущей экономической активности; шоки

---

<sup>1</sup> <http://www.eia.doe.gov/cabs/АОМС/7079.html>

<sup>2</sup> <http://www.wtrg.com/prices.htm>

спроса, специфические для спроса на сырую нефть. Последний компонент связан с превентивным спросом, вызванным неопределенностью по поводу предложения нефти и возможного на нее дефицита. Превентивный спрос отражает концепцию *доходности удобства* (convenience yield) от владения реальным активом, а не фьючерсом на этот актив (см., например: Alquist and Kilian (2007)). В работе Kilian (2009) показано, что резкий рост цены на нефть может давать разные эффекты на последующее поведение ее цены — в зависимости от причины конкретного ценового шока. Так, рост превентивного спроса на нефть приводит к немедленному, стойкому и значительному росту реальных цен на нее; рост совокупного спроса на индустриальные товары служит причиной несколько отсроченного, но длительного роста цен на нефть, тогда как шоки предложения нефти вызывают быстро затухающий рост цен. По мнению автора, затяжной рост цен на нефть 2002–2008 гг. был вызван растущим глобальным спросом на инвестиционные товары в рамках возросшей экономической активности, шок 1979–1980 гг. был вызван комбинацией спроса, увеличивающегося на фоне бурного роста мировой экономики, и превентивного спроса, а сокращение поставок нефти в это время было только сопутствующим фактором, тогда как события 1991 г. могут быть иллюстрацией шока предложения — цены на нефть резко выросли и сразу же стабилизировались, совокупный спрос на нефть в это время был невелик, наблюдался спад в экономике.

Причины шоков в цене на нефть анализируются и в работах Hamilton (2003) и Hamilton (2009a). По мнению автора, причиной исторических шоков являются серьезные перебои в поставках нефти, вызванные геополитическими причинами.

Рисунок 2 демонстрирует динамику добычи нефти в некоторых странах — членах ОПЕК и в ОПЕК в целом. Хотя некоторые страны действительно сокращали добычу в некоторые моменты практически до нуля, производство в Саудовской Аравии (основного производителя в рамках ОПЕК) и в ОПЕК в целом не демонстрировало резких скачков и было минимальным отнюдь не во время геополитических кризисов, а в 1982 и 1985 гг., когда цена на нефть держалась на невысоком уровне. Действия ОПЕК в середине 80-х гг. XX в. были направлены на поддержание и так невысоких цен во время невысокого спроса на нефть.



Рисунок 2. Динамика производства нефти в Ираке, Кувейте, Саудовской Аравии и ОПЕК.

Источник данных: Energy Information Administration, Monthly Energy Review, [http://tonto.eia.doe.gov/merquery/mer\\_data.asp?table=T11.01a](http://tonto.eia.doe.gov/merquery/mer_data.asp?table=T11.01a).

## Структура рынка нефти

Устройство рынка нефти вряд ли может быть проигнорировано исследователями, которые стремятся объяснить поведение цен на нефть.

Нефть и продукты переработки являются лидирующими товарами по объему торговли, который вот уже на протяжении многих лет составляет около 13% (около 4 млн долларов США в день в 2006 г.) от всего объема мировой торговли.

В таблице 1 приведены данные о доказанных запасах нефти в тех странах, чья доля в общемировых запасах превышает 1%.

Таблица 1. Доказанные резервы нефти, на конец 2009 г.

Страна\регион	Тыс. млн баррелей	Доля от мирового запаса	R/P ratio <sup>3</sup>
Саудовская Аравия	264.6	19.8%	74.6
Венесуэла	172.3	12.9%	> 100
Иран	137.6	10.3%	89.4
Ирак	115.0	8.6%	> 100
Кувейт	101.5	7.6%	> 100
ОАЭ	97.8	7.3%	> 100
Россия	74.2	5.6%	20.3
Ливия	44.3	3.3%	73.4
Казахстан	39.8	3.0%	64.9
Нигерия	37.2	2.8%	49.5
Канада	33.2	2.5%	28.3
США	28.4	2.1%	10.8
Катар	26.8	2.0%	54.7
Китай	14.8	1.1%	10.7
Андора	13.5	1.0%	20.7
Бразилия	12.9	1.0%	17.4
<b>Весь мир</b>	<b>1333.1</b>	<b>100.0%</b>	<b>45.7</b>
Включая: OECD	6.3	0.5%	8.2
OECD	90.8	6.8%	13.5
ОPEC	1029.4	77.2%	85.3
Не ОПЕК (за исключением стран бывшего СССР)	180.9	13.6%	14.7
Страны бывшего СССР	122.9	9.2%	25.5

Источник данных: BP Statistical Review of World Energy 2010.

<sup>3</sup> Reserves-Production ratio — число лет, спустя которое существующие запасы будут исчерпаны, если добыча будет вестись такими же темпами, как и в текущем году.

В Таблице 2 приведены основные экспортеры и потребители нефти в 2008 г.

Таблица 2. Основные экспортеры и потребители нефти

Основные экспортеры нефти, 2008 г. тыс. баррелей в день		Основные потребители нефти, 2008 г. тыс. баррелей в день	
Саудовская Аравия	8.406	США	19.498
Россия	6.874	Китай	7.831
ОАЭ	2.521	Япония	4.785
Иран	2.433	Индия	2.962
Кувейт	2.39	Россия	2.916
Норвегия	2.246	Германия	2.569
Ангола	1.948	Бразилия	2.485
Венесуэла	1.893	Саудовская Аравия	2.376
Алжир	1.888	Канада	2.261
Нигерия	1.883	Корея	2.175
Ирак	1.769	Мексика	2.128
Ливия	1.597	Франция	1.986
Казахстан	1.185	Иран	1.741
Канада	1.089	Великобритания	1.71
Катар	1.085	Италия	1.639

Источник данных: U.S. Energy Information Administration.

Основным игроком на рынке нефти является нефтяной картель ОПЕК<sup>4</sup>. Политика ОПЕК направлена на контроль предложения нефти с

<sup>4</sup> «ОПЕК, Организация стран — экспортеров нефти (The Organization of the Petroleum Exporting Countries); ОПЕК как постоянно действующая организация была создана на конференции в Багдаде 10–14 сентября 1960. Первоначально в состав организации вошли Иран, Ирак, Кувейт, Саудовская Аравия и Венесуэла (инициатор создания). К этим пяти странам, основавшим организацию, позднее присоединились ещё девять: Катар (1961), Индонезия (1962–2008, 1 ноября 2008 г. вышла из состава ОПЕК), Ливия (1962), Объединённые Арабские Эмираты (1967), Алжир (1969), Нигерия (1971), Эквадор (1973–1992, 2007), Габон (1975–1994), Ангола (2007). В настоящее время в ОПЕК входит 12 членов, с учетом изменений состава, произошедших в 2007 г.: появления нового члена организации — Анголы и возвращения в лоно организации Эквадора.



целью контроля ее цены. В рамках этой политики устанавливаются квоты для стран — участниц картеля, которые, по идее, не могут нарушаться. Однако эффективных механизмов для поддержания добычи нефти внутри установленных квот у картеля нет (хотя и существует система штрафов для нарушителей), поэтому наблюдаются случаи их нарушения. Саудовская Аравия значительно превосходит остальные страны — участницы картеля как по запасам, так и по производству нефти. Например, в Венесуэле, хотя она и обладает огромными запасами нефти, стоимость их извлечения довольно велика, и поэтому менее выгодна. Можно сказать, что ОПЕК не только не ведет себя как единый монолитный игрок на мировом рынке нефти, но и внутри картеля также происходит постоянная борьба за квоты, квоты нарушаются, и при этом наблюдается доминирующий игрок — Саудовская Аравия.

Кроме того, хотя запасы нефти в России не так велики, как у ОПЕК, Россия в настоящее время является вторым по величине экспортером нефти. Вместе с Казахстаном, с которым Россию связывают геополитические интересы, она может оказывать значительное влияние на рынок нефти.

Рост экономики основных потребителей нефти оказывает решающее влияние на мировой спрос на этот ресурс. Именно с ростом в этих странах (а также у «азиатских тигров»<sup>5</sup>, которые не вошли в таблицу, но совокупный спрос которых на нефть составляет около 3 тыс. баррелей в день) связывают изменения в спросе, повлекшие рост цен на нефть в 2002–2008 гг.

### **Анализ, моделирование и прогнозирование цен на нефть**

Рассмотрим подробно два основных подхода к моделированию и прогнозированию цен на нефть.

---

В 2008 году Россия заявила о готовности стать постоянным наблюдателем в картеле» (<http://ru.wikipedia.org/wiki/ОПЕК>).

<sup>5</sup> «Четыре азиатских тигра» (Four Asian Tigers), или «восточноазиатские тигры» (East Asian Tigers), или «четыре азиатских малых дракона» (Asia's Four Little Dragons) — экономики Южной Кореи, Сингапура, Гонконга и Тайваня, демонстрировавшие очень высокие темпы экономического развития с начала 60-х до 90-х годов XX века; «четыре новых азиатских тигр» (Four New Asian Tigers) — экономики Индонезии, Филиппин, Таиланда и Малайзии, которые весьма быстро развиваются в последние годы» ([http://ru.wikipedia.org/wiki/Экономические тигры](http://ru.wikipedia.org/wiki/Экономические_тигры)).

**Неструктурный подход.** Эмпирические исследования в рамках этого подхода опираются на модели временных рядов, использующие свойства данных о ценах на нефть, известных к настоящему моменту. Надо отметить, что исследователи при этом могут в качестве теоретических предпосылок предлагаемой им эконометрической модели использовать теорию невозобновляемых природных ресурсов, а могут и не делать этого, опираясь только на статистические свойства данных.

**Структурные модели.** Описывают, как специфические экономические факторы и поведение экономических агентов определяет будущую величину цен на нефть.

Надо отметить, что цены на нефть анализируются также и в рамках неформального анализа, который используется, чтобы определить экономические, геологические и геополитические факторы, которые будут обуславливать спрос и предложение на рынке нефти и, следовательно, поведение ее цены. Кроме того, существует класс финансовых моделей, рассматривающих взаимосвязь текущих цен и фьючерсных цен на нефть. Однако в рамках данного обзора эти подходы не будут рассмотрены.

### ***Неструктурный подход***

Цель моделей временных рядов — предсказать будущее, основываясь на определенных характеристиках исторических данных.

В зависимости от того, какой процесс лежит в основе генерации данных, цены на нефть могут моделироваться как мартингалы, могут использоваться авторегрессионные модели или модели возврата к среднему значению.

○ Предположим, что цена на нефть является мартингалом: ожидаемая цена на нефть  $S$  в период  $t+1$  обусловлена всей доступной к моменту времени  $t$  информацией  $I$  и равна значению  $S$  цены в момент времени  $t$ .

$$E(S_{t+1} | I(t)) = S_t$$

Применение таких процессов в финансах отсылает нас к гипотезе эффективности рынка, которая утверждает, что при наличии совершенной информации и большого числа рациональных агентов современные цены отражают всю доступную к настоящему моменту информацию, а текущие цены являются наилучшим предсказанием для завтрашних цен.

Широко используется модель случайного блуждания. При этом подходе:

$$S_{t+1} = S_t + \varepsilon_t,$$

где  $\varepsilon_t$  — случайная ошибка с нулевым средним и постоянной дисперсией.

Расширением этой модели может быть модель случайного блуждания с дрейфом:

$$S_{t+1} = \delta + S_t + \varepsilon_t.$$

Цена на нефть постоянно возрастает/убывает относительно предыдущего уровня, вокруг этого тренда существуют случайные колебания.

○ Можно предположить, что цены на нефть следуют авторегрессионному процессу:

$$S_t = \phi_1 S_{t-1} + \dots + \phi_p S_{t-p} + \varepsilon_t = \phi_p(L)S_t + \varepsilon_t,$$

где  $p$  — порядок авторегрессионного процесса,  $\phi_p(L)$  — оператор лага порядка  $p$ , а  $\varepsilon_t$  — белый шум.

○ Также можно сделать предположение, что цены на нефть ведут себя как *процесс, возвращающийся к среднему значению* (mean reverting process). В соответствии с этим подходом они не могут быть объяснены случайным блужданием или их прошлыми значениями, они имеют тенденцию возвращаться к среднему значению после воздействия шоков. Если  $S^*$  — долгосрочный равновесный уровень цены,  $\alpha$  — скорость возврата к равновесному уровню, то:

$$S_{t+1} - S_t = \alpha(S_t^* - S_t) + \varepsilon_t.$$

Существование долговременного тренда в ценах на нефть следует из теории невозобновляемых природных ресурсов.

Невозобновляемые ресурсы характеризуются ограниченностью их запаса, существующего в природе. Если они извлечены и использованы, то этот запас более недоступен в течение разумного временного периода. Другой их важной характеристикой является то, что предложение природных ресурсов ограничено по сравнению со спросом на них. Нефть имеет оба эти признака и является классическим примером невозобновляемого природного ресурса.

Существует огромное количество теоретических исследований, которые посвящены поведению цен на нефть в теории невозобновляемых ресурсов (для обзора см.: Krautkraemer, 1998).

В основе теории невозобновляемых ресурсов лежит работа Хотеллинга (Hotelling, 1931), в которой исследуется вопрос: сколько ресурсов должно быть извлечено в каждый период, так чтобы прибыль для владельца ресурса была максимальной (при условии постоянства запаса невозобновляемых ресурсов)?

Хотеллинг показывает, что в условиях конкурентного рынка и при отсутствии затрат на добычу оптимальный путь добычи будет таким, что цена невозобновляемых ресурсов будет расти с течением времени темпом, равным процентной ставке  $r$ :

$$p_t = p_0 e^{rt} .$$

В современной литературе этот результат получил название «Правило Хотеллинга».

Это правило интуитивно понятно. Владелец ресурса имеет две возможности: извлечь его сегодня или оставить в недрах для будущей добычи. Если цена на ресурс растет медленнее ставки процента, то владельцу выгоднее добыть и продать ресурс сегодня, с тем чтобы инвестировать его в другой вид капитала по ставке  $r$ . Если все владельцы ресурса ведут себя подобным образом, предложение ресурса будет расти, а его рыночная цена падать.

Если цена на нефть будет расти быстрее, чем  $r$ , то у владельца есть стимул сохранить ресурс до какого-то момента в будущем. Это сокращает предложение ресурса и увеличивает его рыночную цену. Учитывая этот уравнивающий механизм, при оптимальной траектории добычи цена на нефть увеличивается с темпом, равным ставке процента.

Исследование Pindyck (1999) представляет собой интересный пример использования модификации модели Хотеллинга с учетом предельных издержек добычи ресурса для построения эмпирической модели цен на энергоносители. Автор предполагает, что, хотя для прогноза в краткосрочной перспективе предпочтительнее использовать структурные модели, учитывающие факторы спроса и предложения, поведение нефтяного картеля ОПЕК и реакцию на это поведение остального мира, технический прогресс и другие факторы, тем не менее для долгосрочных прогнозов лучше использовать простые неструктурные модели, которые исследуют стохастическое поведение цен на нефть, так как предсказать, как все эти факторы будут вести себя в будущем, невозможно. Пиндайк (Pindyck,

1999) предлагает модель, в которой реальные цены на нефть возвращаются к некоторому долгосрочному значению предельных издержек.

При выводе правила Хотеллинга затраты на добычу ресурса предполагались равными нулю. Как только мы вводим в рассмотрение затраты на добычу ресурса, появляется различие между ценами извлеченного и неизвлеченного ресурса. Цену неизвлеченного ресурса будем обозначать как  $q$ , цену извлеченного — как  $p$ , предельные издержки обозначим как  $c$ . Тогда:

$$q_t = p_t - c.$$

В этой модели равновесная траектория цены:  $\frac{dp}{dt} = r(p - c)$ .

Тогда:

$$q_t = q_0 e^{rt};$$

$$p_t = q_0 e^{rt} + c.$$

Пусть  $R_0$  — начальный запас ресурса. Для функции спроса на ресурс, которая имеет вид  $Q = A/p$ , то есть обладает единичной ценовой эластичностью:

$$R_0 = \int_0^{\infty} Q_t dt = \int_0^{\infty} A(c + q_0 e^{rt})^{-1} dt = \frac{A}{rc} \log \frac{c + q_0}{q_0}.$$

Тогда:

$$q_0 = \frac{c}{e^{\frac{rcR_0}{A}} - 1}.$$

Следовательно:

$$p_t = c + \frac{ce^{rt}}{e^{\frac{rcR_0}{A}} - 1};$$

$$\frac{dp_t}{dt} = \frac{rce^{rt}}{e^{\frac{rcR_0}{A}} - 1}.$$

Отсюда видно, что рост спроса (увеличение  $A$ ) приводит к росту уровня тренда (увеличению  $p$ ) и увеличению наклона тренда (увеличению  $\frac{dp_t}{dt}$ ). Рост издержек добычи нефти (рост  $c$ ) приводит к увеличению

уровня тренда и уменьшению наклона тренда. Если в результате разведки значение начальных запасов вырастет (увеличение  $R_0$ ), это приведет к уменьшению как уровня, так и наклона тренда.

Уровень спроса, издержки добычи и начальные запасы нефти изменяются с течением времени. Если бы эти изменения происходили достаточно редко, то разумно было бы развить эмпирическую модель со структурными сдвигами. Однако практика показывает, что изменения происходят непрерывно. Следовательно, и уровень долгосрочного тренда цен на нефть, и его наклон являются стохастическими процессами.

Пиндайк (Pindyck, 1999) предлагает моделировать цену на нефть следующим образом:

$$p_t = \rho p_{t-1} + b_1 + b_2 t + b_3 t^2 + \phi_{1t} + \phi_{2t} t + \varepsilon_t,$$

$$\phi_{1t} = c_1 \phi_{1t-1} + v_{1t},$$

$$\phi_{2t} = c_2 \phi_{2t-1} + v_{2t}.$$

В данной модели  $\phi_{1t}$  и  $\phi_{2t}$  — ненаблюдаемые процессы AR(1). Предполагая нормальное распределение и некоррелированность ошибок, автор оценивает данную модель с помощью фильтра Калмана, а именно — оценивает прогнозную силу модели на трех подвыборках (1870–1970 гг., 1970–1980 гг., 1870–1981 гг.). Прогнозная сила модели невелика, особенно во время высокой волатильности цен 1974–1985 гг., однако, по мнению автора, модель демонстрирует, что в рамках неструктурного подхода основополагающая теория невозобновляемых ресурсов, предполагающая долговременный тренд возрастания цены, находит свое подтверждение, и модель может быть использована для долговременных (до 20 лет и выше) прогнозов цен на нефть.

Со времени опубликования работы Хотеллинга исследователями были предприняты значительные усилия, чтобы ослабить упрощающие предпосылки модели Хотеллинга и сделать модели невозобновляемых ресурсов более реалистичными. В результате было показано, что в зависимости от различных условий цены на нефть могут понижаться или иметь U-образную форму траектории.

## ***Структурные модели***

Цены на нефть, как и цены на любой другой товар, устанавливаются в результате взаимодействия спроса и предложения. Однако специфические черты рынка нефти делают моделирование спроса и предложения довольно сложной задачей. Даже если абстрагироваться от таких аспектов, как перебои в поставках, вызванные геополитическими факторами или технологическими причинами, для структурного моделирования необходимы знания об эластичности спроса по доходу и по цене в долгосрочной перспективе, о влиянии на спрос технологических изменений, о роли резервов во взаимодействии спроса и предложения, а также о действиях по предложению нефти стран ОПЕК и стран-экспортеров, не входящих в ОПЕК.

### Спрос на нефть

Спрос на нефть — это функция мировой экономической активности и цены нефти.

Взаимосвязь между спросом и ценой обычно исследуется в контексте ценовой эластичности спроса. В Таблице 3 приведены данные различных исследований эластичности спроса по цене. Источником данных служат работы Fattooh (2007) и Hamilton (2008). Оценки эластичности спроса по цене варьируются в очень широких пределах. Краткосрочный спрос по цене почти во всех исследованиях оценивается как практически не эластичный, тогда как зависимость долгосрочного спроса от цены менее строгая, поскольку потребители имеют время приспособиться к изменившимся условиям, внедрив энергосберегающие технологии или перейдя на заменители нефти. Страны с высоким уровнем развития, как правило, демонстрируют именно такой путь, тогда как развивающиеся страны не имеют возможности переходить на энергосберегающие технологии, и долгосрочная эластичность их спроса по цене также невелика.

Предпринимаются попытки ввести в модели спроса на нефть асимметрию, так как логично предположить, что реакция спроса будет не одинаковой на одинаковое по величине повышение или понижение цены. Примерами таких исследований могут служить Gately, Huntington (2002), Griffin and Schulman (2005).

Связь между спросом на нефть и экономической активностью (которая обычно измеряется через ВВП) исследуется в контексте эластичности

спроса по доходу. В таблице 4 приведены данные различных исследований эластичности спроса по доходу. Источником данных служат работы Fattooh (2007) и Hamilton (2008). Эластичность спроса по доходу зависит от степени развитости страны и темпов роста ее экономики. Наибольшее значение эластичности наблюдается у быстроразвивающихся стран, бурный экономический рост в которых и привел к значительному росту спроса, что, в свою очередь, вызвало рост цен на нефть в 2002–2008 гг.

Таблица 3. Эластичность спроса на нефть по цене

Исследование	Краткосрочная эластичность	Долгосрочная эластичность	Выборка
Dahl (1993)	от -0,05 до -0,09	от -0,13 до -0,26	Развивающиеся страны
Pesaran et al. (1998)	-0,03	от 0,0 до -0,48	Азиатские страны
Espey (1998)	-0,26	-0,58	OECD
	-0,05	-0,64	
Gately, Huntington (2002)	-0,03	-0,18	
		-0,12	Быстро растущие, не OECD
Cooper (2003)	от 0,001 до -0,11	от 0,038 до -0,56	23 страны
		-0,6	OECD
Brook et al. (2004)		-0,2	Китай
		-0,2	Остальной мир
Graham, Glaister (2002)	-0,25	-0,77	
Griffin, Schulman, (2005)		-0,36	OECD
Krichene (2006)	от -0,02 до -0,03	от -0,03 до -0,08	Различные страны

Источник данных: Fattooh (2007), Hamilton (2008).

Работа Dargay, Gately (2010) также посвящена исследованию спроса на нефть. Используя данные 1971–2008 гг., авторы оценивают эффекты спроса на нефть в зависимости от изменения цены и дохода в разбивке по продуктам (сырая нефть, транспортное топливо, мазут и другие нефтепродукты) для шести групп стран. В своих оценках они используют наличие асимметричного эффекта в спросе. Кроме того, на основе полученных оценок эластичностей в исследовании делаются перспективные прогнозы спроса, которые сравниваются с прогнозами Международного энергетиче-



ского агентства (International Energy Agency, IEA), Управления информации по энергетике США (U.S. Energy Information Administration, EIA) и ОПЕК. Это сравнение приведено в таблице 5. В ней указаны значения для базовых сценариев развития событий. Более подробное сравнение прогнозов IEA и EIA спроса и предложения нефти и нефтепродуктов для регионов мира можно найти в документе EIA “Comparisons With International Energy Agency and IEO2009 Projections”<sup>6</sup>.

Таблица 4. Эластичность спроса на нефть по доходу

Исследование	Долгосрочная эластичность по доходу	Выборка
Ibrahim and Hurst (1990)	> 1,0	Развивающиеся страны
Dahl and Sterner (1991)	1,21	
Dahl (1993)	от 0,79 до 1,40	Развивающиеся страны
Pesaran et al. (1998)	от 1.0 до 1.2	Азиатские страны
Espey (1998)	0,88	
	0,56	OECD
Gately and Huntington (2002)	0,53	Не OECD
	0,95	Быстро растущие, не OECD
	0,4	OECD
Brook et al. (2004)	0,7	Китай
	0,6	Остальной мир
Krichene (2006)	от 0,54 до 0,90	Различные страны

Источник данных: Fattooh (2007), Hamilton (2008).

Прогноз Dargay, Gately (2010) значительно превосходит все остальные прогнозы по величине. Так, по их оценкам, спрос на нефть в 2030 г. будет равен 134,2 млн баррелей в день, что на 30 млн баррелей больше, чем в других прогнозах.

<sup>6</sup> <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/appk.pdf>

Таблица 5. Сравнение прогнозов спроса на нефть в 2030 г.

	OECD				Бывший СССР				Остальной мир				Весь мир		
	Спрос на нефть млн барр. в день	на душу населения		Спрос на нефть млн барр. в день	на душу населения		Спрос на нефть млн барр. в день	на душу населения		Спрос на нефть млн барр. в день	на душу населения		Спрос на нефть млн барр. в день	на душу населения	
		литров в день	Тыс. \$ /год		литров в день	Тыс. \$ /год		литров в день	Тыс. \$ /год		литров в день	Тыс. \$ /год		литров в день	Тыс. \$ /год
EIA (2009)	50.0	6.1	39.9	5.5	2.7	23.0	51.1	1.2	12.8	106.6	2.0	16.9			
средний % темпов роста, 2008–2030	0.20	-0.2	1.70	1.30	0.70	3.90	2.00	0.56	3.90	1.00	-0.20	2.50			
IEA (2009)	44.5	5.4	36.7	5.9	2.9	18.1	57.5	1.4	10.3	107.9	2.1	14.7			
средний % темпов роста, 2008–2030	-0.30	-0.70	1.40	1.60	1.00	2.70	2.50	1.10	2.80	1.10	-0.10	1.90			
OPEC (2009)	43.4	5.3	35.9	6.1	3.0	14.6	56.1	1.3	10.8	105.6	2.0	14.4			
средний % темпов роста, 2008–2030	-0.40	-0.90	1.30	1.80	1.20	1.70	2.40	0.99	3.00	1.00	-0.20	1.80			
Dargay Gately (2010)	51.3	6.2	39.9	5.7	2.8	23.0	77.2	1.8	12.8	134.2	2.6	16.9			
средний % темпов роста, 2008–2030	0.30	-0.10	1.70	1.40	0.90	3.90	3.90	2.47	3.90	2.10	0.90	2.50			

## Предложение нефти

Моделирование предложения нефти является более сложной задачей, так как необходимо принимать во внимание поведение стран-производителей, а также рассматривать роль резервов нефти.

Обычной практикой является отдельное рассмотрение поведения ОПЕК и поведения стран, не входящих в ОПЕК.

Всеобъемлющий обзор литературы по моделированию рынка нефти и поведению ОПЕК приводится в работе Al-Qahtani и др. (2008). В данном обзоре показано, что поведение ОПЕК моделируется как:

— картель (Griffin (1985), Jones (1990), Greene (1991), Griffin (199), Berg et al. (1996), Dahl and Celta (2000), Byzalov (2002), Bockem (2004));

— картель, состоящий из двух частей («страны-транжиры» и «бережливые» страны, как в Nnyilicza and Pindyck (1976), Aperjis (1982));

— картель, состоящий из трех частей (Eckbo (1976), Houthakker (1979), Noreenge (1978), Griffin and Steele (1986), Daly et al. (1982)) — центральная группа стран (Саудовская Аравия, Кувейт, ОАЭ, Катар, Ливия), члены, максимизирующие цену, и члены, максимизирующие количество;

— доминирующая фирма с конкурентным окружением. В качестве доминирующей фирмы выступает или Саудовская Аравия (Erickson (1980), Adelman (1995), Griffin and Nielson (1994), Al-Yousef (1998), Alhajji and Huettner (2000), Spilimbergo (2001), De Santis (2003)) или центральная группа стран ОПЕК (Саудовская Аравия, Кувейт, ОАЭ, Катар, Ливия) (Singer (1983), Dahl and Yucel (1990), Mabro (1991), Hansen and Lindholt (2004)).

Помимо максимизации прибыли, рассматриваются модели целевого поведения, в частности модели целевых доходов, в которых игроки выбирают определенный уровень доходов, достаточный для удовлетворения их потребностей, так как избыточное количество денег они не могут потратить разумным образом. Подобное поведение наблюдается у стран ОПЕК (Griffin, Teece (1982), Griffin's (1985), Salehi-Isfahani (1987), Alhajji and Huettner (2000), Ramcharran (2001), Ramcharran (2002)). В качестве игроков на рынке рассматриваются не только страны, но и международные и национальные нефтяные компании (они преобладают в странах ОПЕК; такой тип производителей в литературе часто называют «производящими государствами»), роль последних не сводится к добыче и переработке нефти,

но также включает в себя предоставление субсидий на топливо, проведение социальной политики. На основании обзора литературы можно сделать вывод, что ОПЕК не является классическим картелем, однако степень рыночной силы картеля однозначно не установлена. Более того, эмпирические свидетельства того, что цены на нефть превосходят предельные издержки по ее добыче (что, с точки зрения некоторых исследователей является доказательством отсутствия конкурентного рынка и свидетельством рыночной силы ОПЕК), в рамках теории исчерпаемых природных ресурсов трактуется как ресурсная рента, получаемая владельцем любого невозпроизводимого природного ресурса, следствие редкости ресурса.

Сложное моделирование поведения ОПЕК создает серьезную проблему для структурного моделирования, основанного на взаимодействии спроса и предложения, так как невозможно рассматривать ОПЕК как сложным образом устроенный картель или олигополию и в то же время использовать конкурентный подход, в рамках которого долгосрочные цены устанавливаются в результате взаимодействия спроса и предложения.

В работе Dees et al. (2007) ОПЕК рассматривается как производитель, который уравнивает спрос и предложение для достижения оптимального уровня цена/количество.

Стандартной практикой при анализе спроса и предложения является моделирование поведения ОПЕК как производителя, который поставляет нефти столько, сколько требуется для компенсации разницы между спросом на нее и ее предложением от стран, не входящих в ОПЕК.

Моделирование предложения нефти без рассмотрения поведения стран ОПЕК может производиться как на основе геофизического, так и на основе экономического подходов.

Геофизический подход основан на работе Hubbert (1956), он получил название *пик нефти* (peak oil). В мире существует множество исследователей и исследовательских групп, работающих в рамках этой парадигмы (для детального обзора см.: <http://peakoil.com>). Согласно названному подходу, нефтяная скважина, нефтедобывающий регион и мир в целом проходят три стадии: неуклонное увеличение добычи нефти (пред-пик), производство на определенном уровне (пик или плато) и постепенное уменьшение производства (спад). Кривая Хьюберта, описывающая годовое производство нефти, представляет собой колоколообразную кривую.

Согласно различным исследованиям в рамках этой парадигмы, пик нефти приходится на 2000–2060 гг.

Вышеописанный подход игнорирует роль экономических факторов (цен на нефть и затрат на ее извлечение, регулирование нефтедобычи со стороны государства, внедрение новых технологий разведки и добычи) на инвестиции в нефтяную отрасль и предложение нефти. Существуют исследования, которые пытаются оценить эластичность предложения нефти по цене. В таблице 6 представлены некоторые результаты исследований на эту тему для стран, не входящих в ОПЕК. Управления информации по энергетике США использует значения эластичности предложения по цене, равные 0.02 (краткосрочный период) и 0.10 (долгосрочный период).

Таблица 6. Эластичность предложения нефти по цене

Исследование	Долгосрочная эластичность
Krichene (2006)	0.08
Alhajji and Huettner (2000)	0.29
Gately (2004)	от 0.15 до 0.58
Dahl and Duggan (1996)	0.58.

Источник данных: Fattooh (2007).

Опишем подробнее несколько эконометрических моделей, развитых для прогнозирования цен на нефть и выполненных в рамках структурного подхода.

Исследование Zamani (2004) представляет краткосрочную модель на квартальных данных реальных цен WTI<sup>7</sup>. Автор включает в модель квоты ОПЕК (OQ), производство сверх этих квот (OV), спрос на нефть в странах, не принадлежащих к ОПЕК (DN), отклонение запасов промышленности от их равновесного значения ( $RIS = IS - ISN$ , IS — запасы промышленности в текущий период, ISN — их уровень, очищенный от сезонности и тренда), отклонение запасов правительства от их равновесного значения ( $RGS = GS - GSN$ , GS — запасы правительства в текущий период, GSN — их уровень, очищенный от тренда). Автор предлагает спецификацию модели коррекции ошибок, где долгосрочное равновесие специфицировано как

---

<sup>7</sup> WTI — West Texas Intermediate, марка нефти, используемой в основном для производства бензина, на нее существует стабильный высокий спрос.

$$P_t = \alpha_1 + \alpha_2 OQ_t + \alpha_3 OV_t + \alpha_4 RIS + \alpha_5 DN + \alpha_6 D90 + \varepsilon_t,$$

а краткосрочная динамика описывается как

$$\begin{aligned} \Delta P_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta OQ_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_{2i} \Delta OV_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_{3i} \Delta RIS_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_{4i} \Delta RGC_{t-i} + \\ & + \sum_{i=1}^m \beta_{5i} \Delta DN_{t-i} + \beta_6 D90 + \lambda \varepsilon_{t-1} + \mu_t, \end{aligned}$$

где D90 — дамми-переменная для третьего и четвертого кварталов 1990 г. — периода Иракской войны. Прогноз внутри выборки показывает, что данная модель вполне адекватна в соответствии со стандартными критериями оценки прогнозной силы модели.

В работе Ye et al. (2005), основанной на месячных данных о ценах на WTI за 1992–2003 гг., тестирует модель

$$P_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i RIS_{t-i} + \sum_{j=1}^5 \gamma_j D01_j + S99 + \alpha_1 P_{t-1} + \varepsilon_t,$$

сравнивая ее с моделью

$$P_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^5 \gamma_j D01_j + \alpha_1 P_{t-1} + \beta_0 S99 + \beta_1 IS_{t-1} + \beta_2 (IS_t - IS_{t-12}) + \varepsilon_t,$$

где D01 — дамми-переменная для периода между октябрем 2001 г. и мартом 2002 г. (период после 11 сентября 2001 г.), а S99 — переменная, которая отвечает за изменение поведения ОПЕК. Прогнозная сила моделей отличается для прогнозов разной длительности.

Выкладки работы Ye et al. (2006) расширяют идеи, изложенные в более ранней работе этих авторов (Ye et al., 2005), вводя в выстраиваемую модель предположение о возможной асимметричности влияния на цену нефти, которое оказывают изменения в ее запасах.

Предложенная модель выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} P_t = & \alpha_0 + \sum_{i=0}^k \beta_i RIS_{t-i} + \sum_{j=0}^5 \gamma_j D01_j + S99 + \alpha_1 P_{t-1} + \sum_{i=0}^k (\varphi_i LIS_{t-i} + \delta_i LIS_{t-i}^2) + \\ & + \sum_{i=0}^k (\phi_i HIS_{t-i} + \delta_i HIS_{t-i}^2) + \varepsilon_t \end{aligned}$$

$$\begin{cases} LIS_t = RIS_t + \sigma_{IS}, \text{ если } RIS_t < -\sigma_{IS} \\ LIS_t = 0 \text{ в противном случае} \end{cases},$$

$$\begin{cases} HIS_t = RIS_t - \sigma_{IS}, \text{ если } RIS_t > \sigma_{IS} \\ HIS_t = 0 \text{ в противном случае} \end{cases},$$

где  $LIS$  и  $HIS$  — нижняя и верхняя границы уровня запасов соответственно,  $\sigma_{IS}$  — стандартное отклонение  $IS$  для рассматриваемого периода. Введение асимметрии реакции цен нефти на изменение уровня запасов резко улучшает прогнозную силу модели.

Международное энергетическое агентство с 1993 г. использует созданную им Мировую модель энергии (World Energy Model (WEM)) для средне- и долгосрочных прогнозов спроса, предложения, цен и других переменных, касающихся энергии и энергетических продуктов. Это огромная многосекторная региональная модель. Детальное описание модели<sup>8</sup> может быть найдено на сайте агентства. Эта модель может быть одним из примеров ей подобных, развиваемых крупными агентствами и институтами для моделирования и построения прогнозов на энергетическом рынке.

### Заключение

Огромный размер нефтяной отрасли, ее историческая связь с индустриализацией, экономическим ростом и глобальным распределением богатства, значительная роль и долговечность нефтяного картеля ОПЕК, обеспокоенность по поводу устойчивости базы природных ресурсов и *peak oil*, чрезвычайно высокая волатильность цен на нефть по сравнению с другими товарами, огромное число геополитических конфликтов, связанных с нефтью, — все эти аспекты делают нефть исключительным, отличающимся от остальных товаров, а моделирование цен на нее — сложным и увлекательным занятием. От прогнозов, выполненных в рамках экономической теории, трудно ожидать, что они смогут уловить резкие изменения условий на рынке нефти, например перебои с ее поставкой, однако предсказать долговременный тренд цены, а также дать возможность смоделировать поведение рынка во время таких шоков экономические модели рынка нефти вполне в состоянии.

---

<sup>8</sup> <http://www.iea.org/weo/model.asp>

## Литература

ADELMAN, M.A. (1995): *The Genie Out of the Bottle*. Cambridge, MA: The MIT Press.

ALHAJJI, A.F. AND HUETTNER, D. (2000a): “OPEC and Other Commodity Cartels: a Comparison”, *Energy Policy*, 28, 1151–1164.

ALHAJJI, A., HUETTNER, D. (2000b): “OPEC and World Crude Oil Markets From 1973 to 1994: Cartel, Oligopoly, or Competitive?”, *Energy Journal*, 21(3), 31–60.

ALHAJJI, A., HUETTNER, D. (2000c): “The Target Revenue Model and the International Oil Market: Empirical Evidence from 1971 to 1994”, *Energy Journal*, 21(2), 121–144.

ALQUIST, R., KILIAN, L. (2010): “What do we learn from the price of crude oil futures?”, *Journal of Applied Econometrics*, 25(4), 539–573.

AL-YOUSEF, N.A. (1998): *Modeling Saudi Arabia Behavior in the World Oil Market 1976–1996*. University of Surrey, Department of Economics, SEEDS 93.

APERJIS, D. (1982): *The Oil Market in the 1980s, OPEC Oil Policy and Economic Development*. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company.

AL-QAHTANI, A., BALISTRERI, E., DAHL, C.A. (2008): *Literature Review on Oil Market Modeling and OPEC's Behaviour*. <http://dahl.mines.edu/LitReviewOPEC.pdf>

BERG E. ET AL. (1996): *Gains from Cartelization in the Oil Market*. Research Department of Statistics Norway, Discussion Paper N 181.

BOCKEM, S. (2004): “Cartel Formation and Oligopoly Structure: a New Assessment of the Crude Oil Market”, *Applied Economics*, 36, 1355–1369.

BROOK, A., PRICE, R., SUTHERLAND, D., WESTERLUND, N., ANDRE, C. (2004): “Oil price developments: drivers, Economic consequences and policy responses”, *OECD Economic Outlook*, 76, 119–141.

BYZALOV, D. (2002): *A Dynamic Model of OPEC: Collusive Behavior and Demand-Reducing Investment*. Tel-Aviv University, Foerder Institute for Economic Research and Sackler Institute for Economic Studies, Eitan Berglas School of Economics, Working paper N 11.

COOPER, J.C.B. (2003): “Price elasticity of demand for crude oil: Estimates for 23 countries”, *OPEC Review*, 27, 1–8.

DAHL, C. (1993): “A survey of oil demand elasticities for developing countries”, *OPEC Review*, 17(4), 399–419.

DAHL, C., DUGGAN, T. (1996): “U.S. energy product supply elasticities: A survey and application to the U.S. oil market”, *Resource and Energy Economics*, 18(3), 243–263.

DAHL, C., STERNER, T. (1991): “Analyzing gasoline demand elasticities: A survey”, *Energy Economics*, 3(13), 203–210.



DAHL, C., YUCEL, M. (1991): "Testing Alternative Hypotheses of Oil Production behavior", *Energy Journal*, 12(4), 117–138.

DAHL, C.A., CELTA, D. J. (2000): *OPEC as a Social Welfare Maximizer*. Division of Economics. Colorado School of Mines, Working Paper.

DALY, G. ET AL. (1982): "Recent Oil Price Escalation for OPEC Stability", in: Griffen G.M., Teece D.J., *OPEC Behavior and World Oil Prices*. London: George Allen & Unwin, pp. 64–93.

DARGAY, J.M., GATELY, D. (2010): "World oil demand's shift toward faster growing and less price-responsive products and regions", *Energy Policy*, 38(10), 6261–6277.

DE SANTIS, R.A. (2003): "Crude Oil Price Fluctuations and Saudi Arabia's Behavior", *Energy Economics*, 25, 155–173.

DEES, S., KARADEGLOU, P., KAUFMANN, R.K., SANCHEZ, M. (2007): "Modelling the world oil market: Assessment of a quarterly Econometric model", *Energy Policy*, 35(1), 178–191.

ECKBO, P.L. (1976): *The Future of World Oil*. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company.

ERICKSON, N. (1980): "Developments in the World Oil Market", in: Pachauri, R. et al., *International Energy Studies*. NY: Wiley and Sons.

ESPEY, M. (1998): "Gasoline demand revisited: an international meta-analysis of elasticities", *Energy Economics*, 20(3), 273–295.

FATTOUH, B. (2007): *The drivers of oil prices: the usefulness and limitations of Non-structural models, supply-demand frameworks, and informal approaches*. European Investment Bank, Economic and Financial Studies, EIB Papers, N 6/2007.

GATELY, D. (2004): "OPEC's incentives for faster output growth", *The Energy Journal*, 25(2), 75–96.

GATELY, D., HUNTINGTON, H. (2002): "The asymmetric effects of changes in price and income on energy and oil demand", *The Energy Journal*, 23(1), 19–58.

GRAHAM, D., GLAISTER, S. (2002): "The demand for automobile fuel: A survey of elasticities", *Journal of Transport Economics and Policy*, 36, 1–26.

GREENE, D.L. (1991): "A Note on OPEC Market Power and Oil Prices", *Energy Economics*, 13(2), 123–129.

GRIFFIN, G.M., NIELSON, W.S. (1994): "The 1985-86 Oil Price Collapse and Afterwards: What Does Game Theory Add?", *Economic Inquiry*, 32, 543–561.

GRIFFIN, G.M., TEECE, D.J. (1982): *OPEC Behavior and World Oil Prices*. London: George Allen & Unwin.

GRIFFIN, J. (1992): "OPEC and World Oil Prices: Is the Genie Back in the Bottle?", *Energy Studies Review*, 4(1), 27–39.

GRIFFIN, J., STEELE, H. (1986): *Energy Economics and Policy*. NY: Academic Press.

- GRIFFIN, J.M. (1985): "OPEC Behavior: A Test of Alternative Hypotheses", *American Economics Review*, 75(5), 954–963.
- GRIFFIN, J.M., SCHULMAN, G.T. (2005): "Price asymmetry in energy demand models: A proxy for energy-saving technical change", *The Energy Journal*, 26(2), 1–21.
- HAMILTON, J. (2003): "What is an oil shock?", *Journal of Econometrics*, 113(2), 363–398.
- HAMILTON, J. (2009a): *Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007-08*. National Bureau of Economic Research, NBER Working Papers, N 15002.
- HAMILTON, J. (2009b): "Understanding Crude Oil Prices", *The Energy Journal*, 30(2), 179–206.
- HANSEN, P.V., LINDHOLT, L. (2004): *The Market Power of OPEC 1973-2001*. Research Department of Statistics Norway, Discussion Paper N 385.
- HNYILICZA, E., PINDYCK, R.S. (1976): "Pricing Policies for a Two-part Exhaustible Resource Cartel, the Case of OPEC", *European Economic Review*, 8, 139–154.
- HOTELLING, H. (1931): "The Economics of Exhaustible Resources", *Journal of Political Economy*, 39(2), 137–175.
- HOUTHAKKER, H. (1979): *The Political Economy of World Energy*. Harvard Institute of Economic Research, Discussion paper N 617.
- HUBBERT, M.K. (1956): "Nuclear energy and the fossil fuels", in: *Drilling and Production Practice*. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- IBRAHIM, I.B., HURST, C. (1990): "Estimating energy and oil demand functions: A study of thirteen developing countries", *Energy Economics*, 12(2), 93–102.
- International Energy Agency (IEA, 2009): *World Energy Outlook 2009*. Paris.
- JONES, C.T. (1990): "OPEC Behavior under Falling Prices: Implications for Cartel Stability", *Energy Journal*, 11(3), 117–129.
- KILIAN, L. (2009): "Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market", *American Economic Review*, 99(3), 1053–1069.
- KRAUTKRAEMER, J.A. (1998): "Nonrenewable Resource Scarcity", *Journal of Economic Literature*, 36(4), 2065–2107.
- KRICHENE, N. (2006): "World crude oil markets: Monetary policy and the recent oil shock". IMF Working Paper N 06/62.
- MABRO, R. (1991): "OPEC and the Price of Oil", *Energy Journal*, 13, 1–17.
- NREENGE, O. (1978): *Oil Politics in the 1980s*. NY: McGraw-Hill Book Company.
- OPEC (2009): *World Oil Outlook 2009*. Vienna.
- PESARAN, M., SMITH, R., AKIYAMA, T. (1998): *Energy demand in Asian developing Economies, a World Bank study*. NY: Oxford University Press.

PINDYCK, R.S. (1999): “The Long-Run Evolutions of Energy Prices”, *The Energy Journal*, 20(2), 1–28.

RAMCHARRAN, H. (2001): “OPEC Production under Fluctuating Oil Prices: Further Test of the Target Revenue Theory”, *Energy Economics*, 23, 667–681.

RAMCHARRAN, H. (2002): “Oil Production Responses to Price Changes: An Empirical Application of the Competitive Model to OPEC and Non-OPEC Countries”, *Energy Economics*, 24, 97–106.

SALEHI-ISFAHANI, D. (1987): *Testing OPEC behavior: Further results*. Virginia Polytechnic Institute and state University, Department of Economics, Working paper N 87-01-02.

Singer, S.F. (1983): “The Price of World Oil”, *Annual Review of Energy*, 8, 97–116.

SPILIMBERGO, A. (2001): “Testing the Hypothesis of Collusive Behavior among OPEC Members”, *Energy Economics*, 23(3), 339–353.

US Department of Energy (2009): *International Energy Outlook 2009*. Washington.

YE, M., ZYREN, J., SHORE, J. (2005): “A Monthly Crude Oil Spot Price Forecasting Model Using Relative Inventories”, *International Journal of Forecasting*, 21, 491–501.

YE, M., ZYREN, J., SHORE, J. (2006): “Forecasting Short-run Crude Oil Price Using High and Low Inventory Variables”, *Energy Policy*, 34, 2736–2743.

ZAMANI, M. (2004): *An Econometrics Forecasting Model of Short Term Oil Spot Price*. Paper presented at the 6th IAEE European Conference, Zurich, 2–3 September.

Раскина Ю.В.  
Обзор подходов к моделированию цен на нефть

Серия препринтов; факультет экономики, Ес-05/10

В авторской редакции

Подписано в печать 28.10.10  
Формат 60x88 1/16. Тираж 50 экз.

Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге  
191187, Санкт-Петербург, ул. Гагаринская, 3  
books@eu.spb.ru