

РЫНОК НЕФТИ: ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Акинфиев В.К.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65,
akinf.valery@yandex.ru.

Аннотация: В работе рассмотрен ряд важных вопросов связанных с проблемой моделирования рынка нефти, в том числе: анализ этапов развития глобального рынка нефти в период с 1970 года по 2020 год, обзор математических моделей прогнозирования рынка нефти. Приведены результаты использования модели конкуренции между производителями традиционной и сланцевой нефти для оценки последствий соглашения ОПЕК+. Рассмотрены перспективы развития рынка нефти после 2020 года с учетом возможных сценариев реализации политики «Энергетического перехода».

Ключевые слова: моделирование, глобальный рынок нефти, прогнозирование цены нефти.

Введение

Бесспорно, тема рынка нефти и нефтяных цен является в последние годы наиболее горячей темой для всего мира, особенно для России. Причины этого понятны. Все помнят недалекий 2014 год, когда цена нефти на мировом рынке резко упала почти в 3 раза, с 120 долл. за баррель до 40 долл. за баррель. Это вызвало на нашем валютном рынке и резкое обесценение рубля (более чем в 2,5 раза) со всеми вытекающими последствиями. Соглашение ОПЕК+ позволило вернуть рынок к регулируемому равновесию с целью поддерживать цену нефти в заданном диапазоне. После этого цена поднялась до 60 долл. за баррель.

В начале 2020 года эта ситуация буквально повторилась, когда из-за угрозы пандемии COVID-19 рынком были пересмотрены прогноза мирового потребления нефти в сторону существенного уменьшения. Это привело к смене стратегии основных игроков рынка, развала соглашения ОПЕК+ и ценовой войне, как следствие, резкого падением нефтяных цен ниже 25 - 30 долл. за баррель. Для спасения рынка в мае 2020 года страны ОПЕК+ совместно с некоторыми странами не входящими в ОПЕК+ приняли стратегию согласованного снижения добычи нефти, которая позволила постепенно сбалансировать рынок и цена вновь вернулась в диапазон выше 60 долл. за баррель.

Понятно, что вопросы прогнозирования нефтяных цен вызывают повешенный интерес, в том числе у специалистов по построению прогнозных моделей. В своем исследовании мы ставили задачу – разобраться в причинах подобных явлений, которые называются рыночными шоками и попытаться рассмотреть некие модели, которые позволяют в некоторых случаях описать и спрогнозировать движение нефтяных цен.

Заметим, что в последние 30 лет нефтяной рынок являлся исключительно волатильным и характеризуется рядом ценовых шоков. Причем, каждый период, на котором наблюдались ценовые шоки, требует своей интерпретации. Волатильность рынка может быть объяснена наличием многих факторов, среди которых главными являются - шок спроса и предложение, а также шоки на финансовых рынках. Следует заметить, что сами эти факторы являются следствием большого количества причин, среди которых можно отметить следующие: изменение темпов роста мировой экономики, состояние финансовых и валютных рынков, активная политика в области поставок со стороны нефтяных компаний, появление конфликтов и военных действий, стихийные бедствия и многое другое.

В последующие годы большое число исследований по прогнозированию динамики глобального рынка нефти проводились с использованием математических моделей, которые характеризуются большим разнообразием [1-10]. Большое число публикаций посвящено различным аспектам этой фундаментальной проблемы, в том числе, анализу и моделированию стратегий поведения основных нефтедобывающих стран, включая ОПЕК в зависимости от изменения конъюнктуры рынка. Последние годы усилился интерес к исследованиям в области математического моделирования различных аспектов конкуренции на рынке нефти между производителями традиционной и сланцевой нефти.

В научной литературе нет единого мнения о том, как моделировать мировой рынок нефти [6, 7]. Разными авторами при построении моделей принимаются во внимание различные факторы, влияющие на динамику нефтяных цен. В число этих факторов включают динамику спроса на нефть и предложения со стороны нефтедобывающих компаний, динамику товарных запасов, изменения в глобальном деловом цикле мировой экономики и многое другое.

Нефтяная отрасль является одной из наиболее сложных и важных отраслей мировой экономики. Ценовые движения, как и для любого другого товара, могут быть объяснены взаимодействием между спросом и предложением. Однако у нефтяного рынка есть две особенности. Во-первых, на нем присутствует множество игроков, вовлеченных в процесс принятия решений. Во-вторых, помимо основных рыночных сил спроса и предложения, нефть также подчиняется политическим и геополитическим силам. К ним относится роль нефти в вопросах энергетической безопасности, важность цены на нефть для баланса национальных бюджетов или сокращение потребления нефти вследствие экологических требований.

В работе рассмотрен ряд важных вопросов связанных с проблемой моделирования рынка нефти. В разделе 1 приведен краткий анализ этапов развития глобального рынка нефти в период с 1970 года по 2020 год. Раздел 2 посвящен анализу проблемы моделирования рынка нефти, краткий обзор математических моделей приведен в разделе 3. В разделе 4 рассмотрены результаты использования модели конкуренции между производителями традиционной и сланцевой нефти для оценки последствий соглашения ОПЕК+, и наконец, в разделе 5 рассмотрены перспективы развития рынка нефти после мая 2020 года с учетом возможных сценариев реализации политики «Энергетического перехода» на базе прогнозов и сценариев мировых энергетических агентств.

1 Рынок нефти и этапы его развития

Представляет интерес анализ изменения цены нефти на глобальном рынке на протяжении последних 50 лет. На рисунке 1 представлен график динамики нефтяных цен в исторической перспективе, начиная с 1970 года. График ярко показывает, что последние пятьдесят лет нефтяной рынок являлся исключительно волатильным. Причем, каждый период, на котором наблюдались ценовые шоки, требует своей индивидуальной интерпретации.

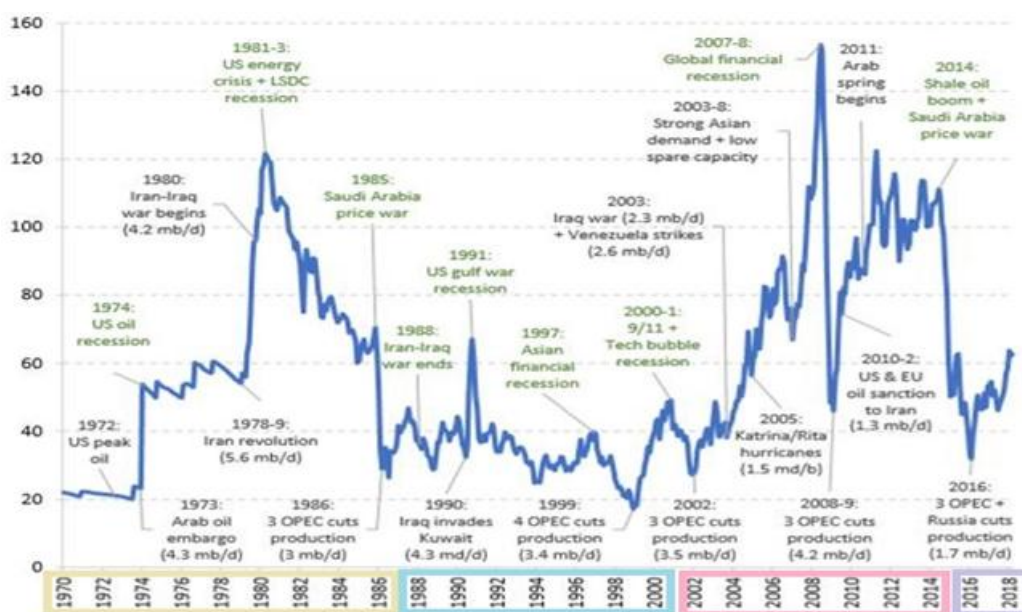


Рис. 1. Динамика нефтяных цен

Можно выделить несколько этапов развития глобального рынка нефти и события, которые привели к структурным изменениям в поведении нефтяных цен [1]. Эта картина важна для понимания проблем его моделирования.

Первый этап (1928–1971 гг.). Монополия МНК. Неконкурентный рынок. В 1928 году был образован Международный нефтяной картель с целью убрать с рынка конкуренцию, которая до этого существовала и мешала стабилизировать рынок. В него вошли семь англо-американских компаний (так называемые «Семь сестер»). Механизмы ценообразования – «себестоимость + фиксированная норма прибыли». Этот этап характеризуется полным доминированием картеля. Цена нефти была относительно стабильной (2 – 3 \$/баррель).

Второй этап (1971–1986 гг.). Олигополия с одним лидером (ОПЕК). Рост добычи в СССР. Конкурентный рынок физической нефти. Спотовые контракты.

В середине прошлого столетия происходил процесс деколонизации и образования новых независимых государств, которые проводили политику национализации нефтяных предприятий,

ранее принадлежащих МНК. Влияние новых нефтедобывающих стран стремительно росло, и уже в 1960 году был образован картель - ОПЕК (Организация стран-экспортеров нефти). Целью создания ОПЕК явилось стремление получить контроль над своими нефтяными ресурсами с учётом национальных интересов.

В 1970-х годах произошел перелом в истории рынка нефти: впервые внутренних нефтяных запасов США было недостаточно для удовлетворения собственных потребностей, и США были вынуждены импортировать нефть. В этот период рыночная власть перешла от МНК к ОПЕК, который мог распоряжаться ею по своему усмотрению. Последствия данного изменения проявились уже через несколько лет: в 1973 году члены ОПЕК объявили эмбарго на поставку нефти США и некоторым другим странам Западной Европы в ответ на их поддержку агрессии Израиль в ходе войны с арабскими странами. В результате этого цены на нефть выросли в 3 раза за шесть месяцев. В последующие годы ОПЕК неоднократно использовала свою рыночную власть для решения тех или иных задач, в том числе и политических, приводящих к резким колебаниям нефтяных цен.

Третий этап (1986–2000 гг.). Олигополия с несколькими лидерами (ОПЕК, США, Россия и др.). Биржевая торговля нефтью. Спотовые и фьючерсные контракты. Хеджирование сделок.

Что происходило дальше? Резкие колебания цен на нефть, характерные для этапа 2, послужили толчком для привнесения в международную торговлю нефтью механизмов управления рисками (хеджирования). Торговля нефтью стала осуществляется на крупнейших торговых площадках в Нью-Йорке (NYMEX), Лондоне и Сингапуре (SGX). Их деятельность способствовала глобализации мирового рынка нефти, что позволяет частично выравнивать цены на нефть.

Четвертый этап (2000–2014 гг.). Олигополия с несколькими лидерами (ОПЕК, США, Россия). Спотовые и фьючерсные контракты. Деривативы.

Начало XXI века характеризуется новым этапом развития рынка нефти. Ключевую роль в этом сыграли США, приняв ряд законов, стимулирующих формирование финансовых «пузырей». В 1999 г. был отменен знаменитый закон Гласса-Стигалла, который был принят в США во время Великой депрессии и запрещал финансовым организациям совмещать функции коммерческого и инвестиционного банка. Это создало дополнительный спрос на нефтяные бумаги и спровоцировало разработку новых видов финансовых инструментов (деривативы).

С 2003 г. по 2006 г. цены на нефть с уровня 30 долларов за баррель устойчиво пошли вверх. В конце 2007 г. и начале 2008 г. произошёл новый резкий скачок цен. В январе 2008 года, впервые за всю историю, цены на нефть превысили 100 долларов за баррель. Что происходило дальше, мы все помним. Резкое падение и медленное восстановление к 2010 году.

Пятый этап (2014 г. – март 2020 г.). «Бум» добычи сланцевой нефти. Олигополия с двумя лидерами (ОПЕК+ и США (сланцевая нефть)). Соглашение ОПЕК+. Стабилизация рынка за счет использования механизмов его регулирования со стороны ОПЕК+.

Шестой этап (апрель 2020 г. - н/в). Очередной кризис мировой экономики на фоне COVID-19 и беспрецедентное сокращением спроса на нефть. Соглашение ОПЕК++.

Проведенный анализ показывает, что на протяжении всего периода развития глобального рынка нефти происходили события и процессы, которые кардинальным образом меняли структуру рынка, роли его участников, движущие силы и принципы ценообразования.

Из этого можно сделать вывод, что единую универсальную модель нефтяного рынка нельзя построить в принципе. Можно пытаться строить модели рынка нефти только применительно к временным периодам, которые характеризуются относительной стабильностью структуры рынка и механизма ценообразования.

2 Проблемы моделирования рынка нефти

Рассмотрим основные факторы, влияющие на формирование нефтяных цен, и их взаимосвязь с точки зрения моделирования (рисунок 2). К ним относятся динамика спроса на нефть, динамика складских запасов, инвестиционные стратегии производителей, и динамика добычи и поставок нефти на рынок и механизмы ценообразования.

Глобальный спрос на нефть складывается из двух составляющих $D(t) = D_1(t) + D_2(t)$, где $D_1(t)$ - реальный спрос на нефть, который формируется в реальных секторах мировой экономики в разрезе стран и регионов потребления и $D_2(t)$ - предупредительный спрос на нефть, который формируется как ответ на внешние шоки на рынке нефти или на их ожидание в будущем. Предупредительный спрос может быть как положительным, так и отрицательным. Если рынок ожидает повышение цен, то предупредительный спрос положительный, что приводит к увеличению складских запасов трейдеров. И, наоборот, если рынок, по каким либо причинам, ожидает увеличение предложения нефти и

снижения цен, то предупредительный спрос становится нулевым или отрицательным и складские запасы у трейдеров уменьшаются.

Заметим, что прогнозы реального спроса на нефть $D_1(t)$ периодически публикуют в своих аналитических отчетах основные мировые агентства и компании, специализирующихся на анализе мирового рынка нефти. Однако предупредительный спрос $D_2(t)$ практически не поддается прогнозированию, и его довольно сложно учитывать при моделировании.

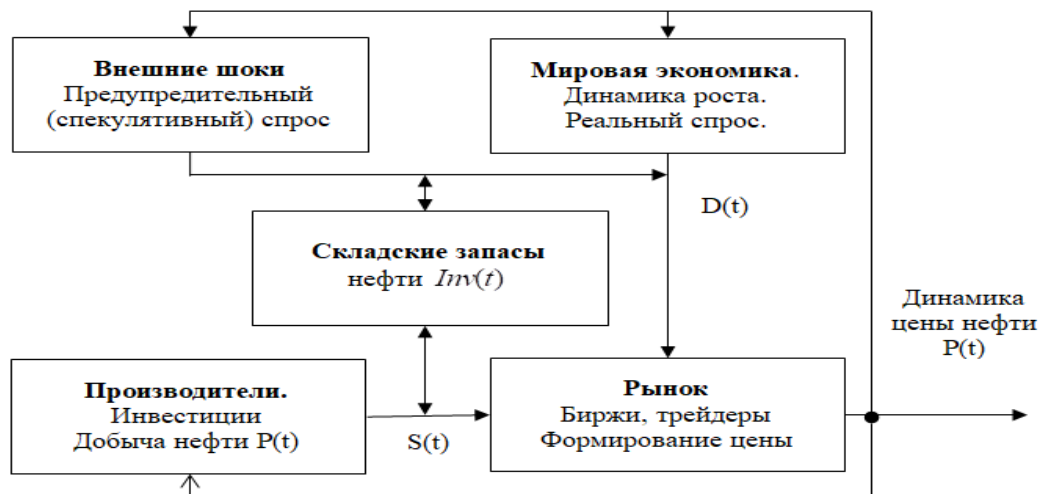


Рис. 2. Факторы, влияющие на формирование нефтяных цен, и их взаимосвязь

Добыча и поставка сырой нефти на рынок $S(t)$. Несмотря на сложность динамики и прогнозирования, цена на нефть, по мнению многих аналитиков, в основном определяется классическим взаимодействием рыночных сил спроса и предложения. Поэтому при моделировании рынка нефти важно выявить структуру основных нефтедобывающих игроков, их мотивацию и способы взаимодействия для удовлетворения мирового спроса на нефть. Нефтедобывающие страны можно разделить на две основные группы: страны ОПЕК и страны не входящие в ОПЕК.

Добыча нефти в странах ОПЕК определяется картельными соглашениями и центральной координацией. Как отмечалось ранее, страны ОПЕК способны поддерживать цены на нефть на целевом уровне за счет наличия у них резервных мощностей и низкой себестоимости добычи. Бизнес-модель ОПЕК состоит в балансировки рынка и поддержании цен на нефти на комфортном для этих стран уровне. Желаемый уровень цены часто определяется не только экономическими соображениями, но и политическими целями. Это определяет сложность прогнозирования стратегии поведения ОПЕК по регулированию рынка нефти.

В отличие от этого, добыча и поставки нефти из стран, не входящие в ОПЕК, являются результатом независимых решений производителей, что лишает их возможности устанавливать цены на нефть индивидуально. Их стратегия, как правило, сводится к добыче и поставкам нефти, максимально используя свои производственные мощности. Это логично, если учесть, что их бизнес-модель нацелена на максимизацию прибыли, которая положительна до тех пор пока цена нефти торгуется выше их предельных затрат на добычу и поставку нефти на рынок.

Складские запасы нефти. Складские запасы нефти выступают в качестве ключевого фактора, уравнивающего не только текущий спрос и предложение, но также текущие и будущие цены на нефть. С одной стороны, запасы увеличиваются, когда фактическое предложение сырой нефти превышает спрос. И наоборот, запасы служат для устранения дефицита поставок сырой нефти, когда потребление превышает фактическую добычу.

$$Inv(t) = Inv(t-1) + D_2(t) + (S(t) - D_1(t))$$

Цена нефти. Цена нефти $P(t)$ формируется в процессе биржевой торговли под воздействием рыночных механизмов, которые учитывают как текущие, так и ожидаемое изменение параметров рынка. Основное влияние на цену нефти оказывают ожидаемый баланс между спросом и предложением, уровень складских запасов и многое другое. Наблюдаемая высокая волатильность цен на нефть объясняется низкой эластичностью спроса и предложения к ее краткосрочным изменениям.

Модель ценообразования на рынке может быть задана некоторой функциональной зависимостью $P(t)$ от динамики ключевых параметров рынка $P' = \Phi(S', D')$. Здесь $D(t)$ - сценарий глобального спроса на нефть и S^t - суммарное предложение нефти на рынке. Вопрос о возможности задания аналитической зависимости $P' = \Phi(S', D')$ и ее вида до сих пор является открытым. В разных моделях используются различные упрощенные варианты этой зависимости. Наиболее популярна модель, которая использует линейную обратную функцию спроса. В данной модели предполагается, что рыночная цена нефти $P(t)$ описывается следующими соотношениями $P(t) = a - b \cdot S(t)$, где a и b являются положительными константами. Предполагается, что при этой цене $D(t) = S(t)$. Отсюда $D(t) = \frac{a - P(t)}{b}$. Более сложная модель ценообразования была предложена в [3], которая позволила

учесть характерные свойства рынка нефти, как то низкая эластичность зависимости спроса на нефть от ее цены, а также нелинейный характер этой зависимости.

Следует отметить, что, задача моделирования нефтяного рынка, включая прогнозирование динамики нефтяных цен, с учетом всех факторов, влияющих на его параметры, является исключительно сложной. Поэтому очень часто основное внимание уделяется моделированию причинно-следственных связей между рыночным спросом на «физическую» нефть, предложением ее со стороны производителей и ценой, которая «балансирует» спрос и предложение. При этом из поля зрения, конечно, могут выпадать многие другие факторы, такие, например, как влияние на цену нефти параметров финансовых рынков, включая политику ФРС США в области процентных ставок и курса доллара, протекционистская политика ряда стран и многое другое, включая, «психологические» реакции участников рынка на изменение его волатильности. Каждый из этих факторов, как правило, требует отдельного исследования. Поэтому любое исследование этих вопросов с помощью математического моделирования страдает однобокостью.

3 Результаты в области построения моделей прогнозирования нефтяных цен

Как было отмечено ранее, статистику и прогнозы параметров рынка нефти периодически публикуют в своих аналитических отчетах основные мировые агентства и компании, специализирующихся на анализе мирового рынка нефти. Основными игроками на рынке прогноза нефтяного рынка являются ОПЕК (Monthly Oil Market Report), International Energy Agency (World Energy Outlook) и Управления энергетической информации ([Energy Information Administration](#)) Минэнерго США. Все эти организации не публикуют информацию о математических моделях, которые они используют в своих прогнозах.

Нас больше будут интересовать академические исследования в области построения математических моделей нефтяного рынка и прогнозирования нефтяных цен. Работы по этой тематике публикуются более чем в 10 основных журналах, специализирующихся на энергетической тематике, издаваемых в США, Европе и Англия и включенных в Q1. Обзор ряда публикаций приведен в [1].

Наиболее популярными направлениями, которые будут кратко рассмотрены далее, является использование методов эконометрического анализа, включая модели рынка нефти на основе VAR моделей. Другое интересное направление связано с использованием различных игровых и поведенческих моделей. Модели анализа рыночного равновесия с учетом различной структуры рынка на основе MPEC моделей. Существенный практический интерес имеют также методы, которые сочетают игровые модели, методы многоагентного моделирование и моделирование на основе экспертной информации [1].

Методы и модели эконометрического анализа.

Данная группа методов основана на анализе и выявлении закономерностей динамических рядов исторических данных с использованием методов регрессионного анализа. Наибольшее распространение при анализе глобального рынка нефти получили модели векторной авторегрессии (VAR модели).

В стандартном виде, VAR-модель представляет собой систему эконометрических уравнений, описывающих совместную динамику нескольких временных рядов. Текущие значения каждой эндогенной переменной, согласно предположениям, зависят от ее прошлых значений и от прошлых значений других переменных модели. Использование VAR-моделей для макроэкономического прогнозирования заключается в выявлении динамической корреляции между переменными и использовании выявленных закономерностей для предсказания наиболее вероятных будущих

значений этих переменных. Анализируются и оцениваются также временные сдвиги в реакции переменных на различные шоки и показатели степень влияния изменения переменных друг на друга (показатели взаимной эластичности) [6-8].

Следует отметить, что VAR модели рынка нефти позволяют изучить качественно и количественно взаимное влияние факторов, включенных в модель, на динамику нефтяных цен на основе анализа временных рядов исторических данных. Это позволяет объяснить ценовые шоки на рынке и связать их с шоками других параметров, включаемых в модель.

К недостаткам этого подхода можно отнести следующее: в опубликованных работах удается провести анализ не более трех факторов. Вызывает сомнение возможность достоверно и обоснованно прогнозировать ценовые параметры рынка на основе этих моделей. Кроме этого надо иметь в виду, что при построении VAR-моделей не используется информация о структуре рынка и не учитывается поведенческий аспект конкуренции агентов рынка, влияющих на его параметры и их динамику.

Игровые и поведенческие модели. Анализ структуры рынка. МPEC модели

Мировой рынок нефти является плодотворной областью применения методов и моделей теории игр. Это объясняется присутствием на рынке нескольких игроков, принимающих решения, каждый из которых имеет различные интересы. Кроме этого, используемый метод построения математических моделей, которые позволяют упростить реальность, делает теорию игр хорошим инструментом для анализа и проверки различных гипотез относительно движущих сил рынка и механизмов формирования цен на нефть.

В настоящее время наиболее развит математический аппарат, связанный с моделями рынка олигополии Курно и Штакельберга. Наиболее адекватной моделью рынка нефти, по мнению экспертов, является обобщенная модель Штакельберга с несколькими доминирующими поставщиками (ОПЕК, США и Россия) и игроками-последователями, к которым относятся остальные страны экспортеры нефти. Вопрос, насколько реальная структура рынка нефти на исследуемом промежутке времени соответствует предположениям, сделанным при построении этих модели, является открытым. Проверка адекватности и работоспособности модели требует проведения численных расчетов и их верификации.

В игровых моделях данного типа предполагается, что в процессе выбора равновесия каждый игрок стремится максимизировать свою функцию полезности, которая по умолчанию является показателем доходности (экономической прибыли) за некоторый период времени. Публикаций в этой области исследований достаточно много, мы приведем ссылки лишь на две работы, опубликованные в последнее время [9-10]. Следует отметить следующее. Из-за большой вычислительной сложности многих представленных моделей авторам приходится вводить в них существенные упрощения. Однако чрезмерные упрощения могут приводить к неадекватным результатам из-за сложности рынка нефти и постоянных изменений, которым он подвержен.

Способ избежать этих ошибок - периодически адаптировать модели к новым условиям, налагаемым рынком. В любом случае, нужно понимать, что роль моделей заключается не в том, чтобы спрогнозировать точную цену на конкретный момент времени, а в том, чтобы предложить общее видение тренда и границ, которым цены будут следовать в будущем. В целом следует отметить, что во многих случаях моделирование глобального нефтяного рынка оказываются полезными и позволяет понять природу рынка и прогнозировать его параметры.

4 Моделирование и оценка воздействия соглашения ОПЕК+ на рынок нефти

В данном разделе рассматривается пример использования методов моделирования для анализа стратегий поведения игроков рынка и прогнозирования цены нефти. Рассматривается период с 2016 года по март 2020г. Как известно, в 2014 году очередной шок на рынке был связан со «сланцевой революцией» в США. Соглашение ОПЕК+ позволило вернуть этому объединению рыночную власть. В 2016 года страны ОПЕК, к которым присоединилась и Россия, согласованно приняли решение по регулированию рынка с использованием квот для участников на добычу нефти и поставки ее на рынок. Ключевой вопрос, который при этом возникал, состоит в следующем: какие целевые уровни цен на нефть наиболее выгодны странам участникам ОПЕК+ и как при этом будет меняться их доля рынка в среднесрочной перспективе в результате конкуренции со сланцевой отраслью США.

В [3, 4] предложена имитационная динамическая игровая модель, структура которой представлена на рис. 3. Модель описывает взаимосвязи между спросом на нефть, стратегией поставок нефти на рынок со стороны игроков и динамикой изменения цены на нефть. Модель позволяет, задавая различные стратегии поведения игроков, моделировать движение нефтяных цен, которые в свою очередь влияют на выбор игроками своих решения по добыче нефти и поставкам ее на рынок. В

модели представлены три игрока: сланцевые компании США, страны ОПЕК+ (включая Россию), а также страны не входящие в ОПЕК+ (включая добычу традиционной нефти в США).

Методология исследования основана на сценарном моделировании и анализе стратегий ОПЕК+ по управлению балансом спроса и предложения на нефтяном рынке (снижение или увеличения добычи) для таргетирования нефтяных цен на заданных целевых уровнях. При моделировании каждого сценария оцениваются два критерия: валовый доход от продажи нефти за определенный период и динамика изменения доли рынка.

Пусть x_{OPEC+}^t - управление со стороны ОПЕК+ в виде сокращения или увеличения добычи нефти в периоде t . Величина x_{OPEC+}^t устанавливаются в зависимости от соотношения цены нефти на рынке в предшествующем периоде $t-1$ и границ заданного целевого диапазона. Механизм выбора x_{OPEC+}^t обозначим через ω , $x_{OPEC+}^t = \omega(P^t, P_n, P_g)$, где P_n и P_g - границы целевого диапазона. Например, данный механизм может состоять в следующем: $x_{OPEC+}^t = (D^{t-1} - S^{t-1}) \cdot k^t$, где k^t коэффициент, который зависит от степени отклонения P^{t-1} от целевого уровня ($0 \leq k^t \leq 1$).

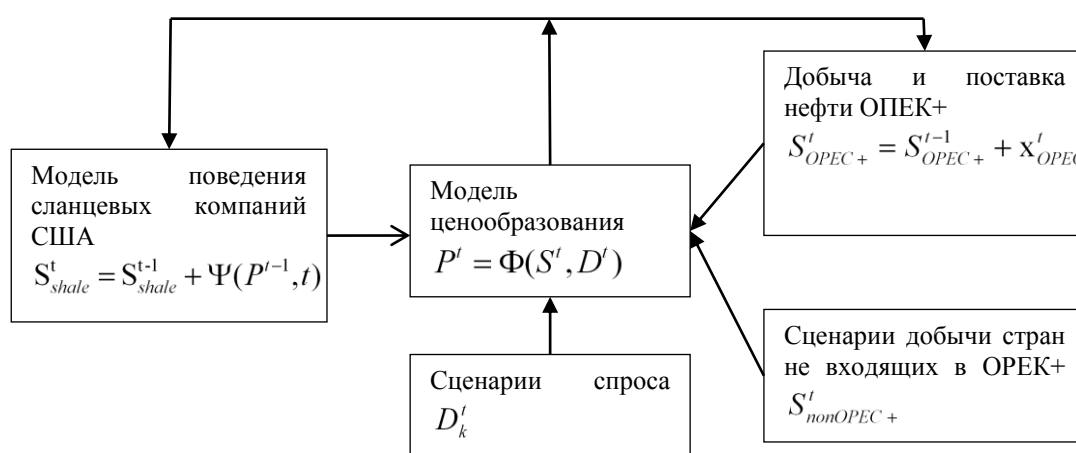


Рис. 3. Комплексная модель

D_k^t - сценарии глобального спроса на нефть. Предполагается, что спрос D_k^t заранее неизвестен участникам рынка. Модель ценообразования на рынке $P^t = \Phi(S^t, D^t)$ задается рекуррентной формулой [3-5]:

$$P^t = P^*(t) \cdot (1 + \gamma(t) \cdot \frac{\sum_{k=1}^t D_k^t - \sum_{k=1}^t S^t}{\sum_{k=1}^t D_k^t}) \quad (1)$$

Здесь S^t - суммарное предложение нефти на рынке, $S^t = S_{shale}^t + S_{OPEC+}^t + S_{nonOPEC+}^t$. Коэффициент эластичности в модели $\gamma(t) = \gamma^+$, если $D_k^t - S^t \geq 0$ и $\gamma(t) = \gamma^-$ в противном случае. В модели используется информация о динамике спроса и предложения за два предшествующих периода. Параметр $P^*(t)$ вычисляется следующим образом: $P^*(t) = P^*(0)$, где $P^*(0)$ - цена нефти на начало прогноза. Если в некоторый период $t'' D(t) = S(t)$, то $P^*(t) = P^{t''}$ для всех $t \geq t''$. Модель учитывает свойство «гистерезиса» при формировании цены, равновесное значение цены может установиться на уровне, отличном от первоначального значения.

Расчеты, проведенные в 2019 году с помощью данной модели, показывают, что к 2028 году добыча сланцевой нефти в США по сравнению с 2018 годом могла бы увеличиться почти в два раза и достигнет 15,1 млн. баррелей в сутки (таблица 1). Сланцевая нефть США могла бы занять в 2028 году 13,8% рынка. При этом доля рынка России снизилась бы до 10,5%. В этой связи для России наиболее выгодным с точки зрения сохранения доли рынка являлся бы вариант таргетирования цены нефти на

более низких уровнях, чем 60 долл. за баррель, но при этом заметно сократилась бы валютная выручка от продажи нефти [3, 4].

Таблица 1 Прогноз динамики добычи нефти и доли рынка в период 2019 – 2028 г. г.

1	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
2	101,2	102,2	103,2	104,1	105,0	105,9	106,7	107,6	108,4	109,2
3	7,40	9,20	10,64	11,79	12,71	13,45	14,04	14,51	14,89	15,08
4	7,3%	9,0%	10,3%	11,3%	12,1%	12,7%	13,2%	13,5%	13,7%	13,8%
5	48,4	47,6	47,1	46,9	46,9	47,0	47,3	47,7	48,1	48,7
6	47,8%	46,6%	45,7%	45,1%	44,6%	44,4%	44,3%	44,3%	44,4%	44,6%
7	0,0	-0,8	-0,5	-0,2	0,0	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6
8	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4

В первом столбце таблицы 1 приняты следующие обозначения: 2 – глобальный спрос на нефть, млн. барр. в сутки (прогноз ОПЕК); 3 – среднегодовая добыча сланцевой нефти США, млн. барр. в сутки; 4 – доля рынка сланцевой нефти США, 5 - среднегодовая добыча ОПЕК+, млн. барр. в сутки; 6 – доля рынка ОПЕК+; 7 - снижение/рост добычи год к году; 8 - среднегодовая добыча не ОПЕК+, млн. барр. в сутки.

События 2020 года привели к пересмотру прогнозов мирового потребления нефти, нефтяных цен и, в целом, дальнейшего развития рынка. На рисунке 4 приведен график изменение месячного спроса на нефти в 2020 году по основным странам в % по сравнению с 2019 годом (источник: международное энергетическое агентство (IEA)).

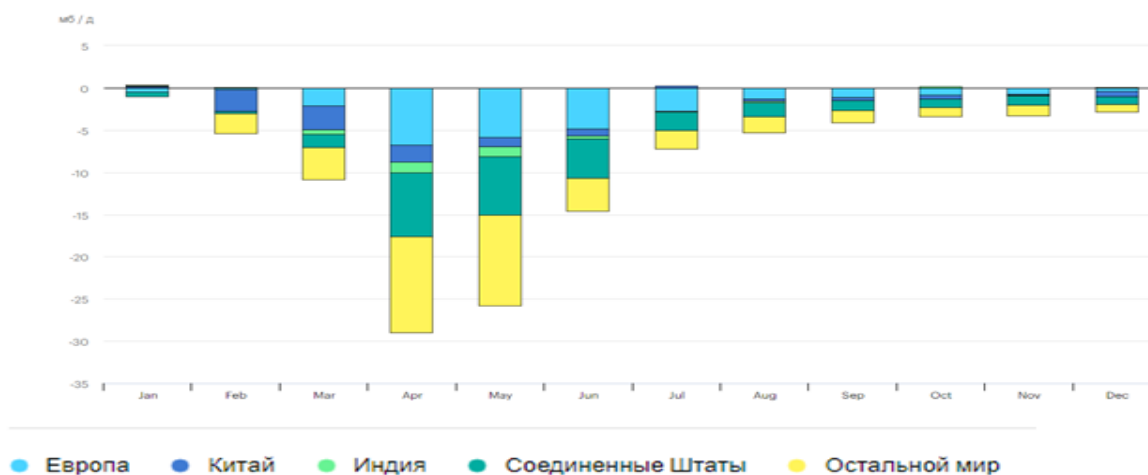


Рис. 4. Изменение месячного спроса на нефти в 2020 году по сравнению с 2019 годом

График показывает беспрецедентное одномоментное снижение спроса, которое вызвало крупномасштабный шок на рынках. На рисунке 5 приведены графики прогноза глобального спроса на нефть до 2026 года, сделанные до 2020 года и прогноза с учетом событий 2020 года (источник: международное энергетическое агентство (IEA)). График показывает глобальную смену условий функционирования рынка нефти и пересмотр параметров его развития.

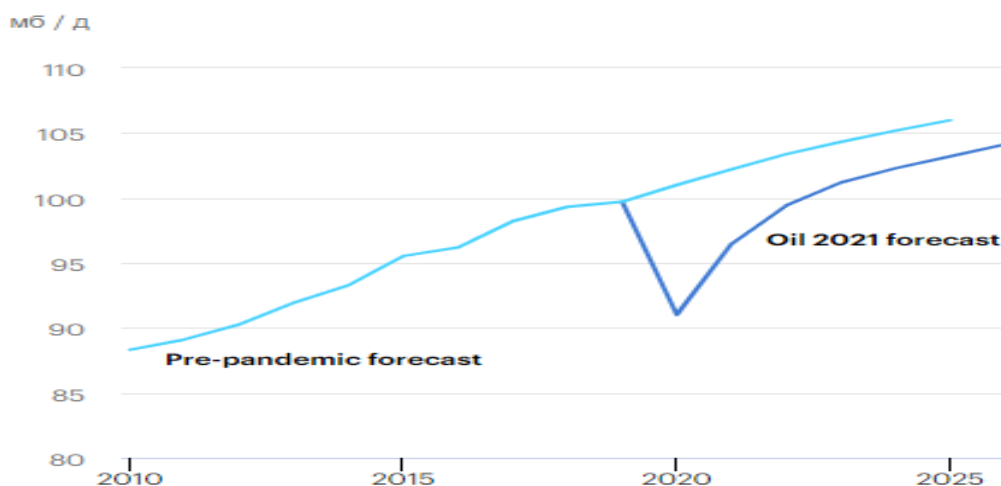


Рис. 5. Прогноз спроса на нефть, 2010-2026 гг., До пандемии и нефти в 2021 г.

Мировые нефтяные рынки в 2021 году частично оправились от масштабного шока спроса, вызванного Covid-19, но по-прежнему сталкиваются с высокой степенью неопределенности, которую испытывает отрасль как никогда раньше. Прогноз мирового спроса на нефть уменьшился, и спрос может достичь пика раньше, чем предполагалось ранее. На это может оказать влияние реализация «зеленой повестки» политики развитых стран запада и их стремление к безуглеродной энергетике в будущем. Эти проблемы кратко затрагиваются в следующем разделе

5 Перспективы развития рынка нефти после 2020 года с учетом возможных сценариев реализации политики «Энергетического перехода»

Мировая энергетическая система вошла в новый этап фундаментальной трансформации. В целом этот комплекс изменений называют «Энергетическим переходом», которые характеризуются быстрым развитием и распространением новых технологий безуглеродной энергетике и изменениями в энергополитике ведущих стран мира [11]. Под влиянием этих изменений мир входит в этап 4-го энергетического перехода, связанный с широким использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и вытеснению традиционных видов топлива. При этом темпы этих изменений и скорость перехода связаны с высокой неопределенностью. Обычно рассматриваются несколько сценариев, описывающие разную скорость преобразований.

Быстрое развитие ВИЭ позволит им уже к 2040 г. обеспечивать до 35 % мирового производства электроэнергии и 20-25 % всего энергопотребления. Из ископаемых топлив только газ сможет нарастить свою долю в мировом энергобалансе с 22 % до 24 - 26 %. Уголь снизит свою долю с 28 % до 19-23 % [11]. Консенсус мнений большинства экспертов и аналитиков состоит в том, что мировая экономика «так и не дожидется» широко анонсированных пиков добычи нефти из-за исчерпания ее запасов. Причиной будущего пика, который по прогнозу МЭА может произойти в интервале 2030 – 2035 г. г., становятся ограничения не на стороне добычи, а на стороне спроса. Существенную долю потенциального потребления потеряет нефтяной рынок из-за роста эффективности транспортных средств и распространения транспорта на альтернативных источниках энергии. Главной альтернативой становится электротранспорт [11]. Существенное влияние на этот процесс может оказать также водородная энергетика, которая в последнее время активно развивается.

На рисунке 6 приведен прогноз объемы мирового энергопотребления топлива (по видам) в млрд. т. н. э. до 2040 года. Источник: ИНЭИ РАН с привлечением данных МЭА и МВФ. Данный прогноз является достаточно консервативным. В соответствии с ним доля ВИЭ в общем объеме потребляемой энергии в мире в 2040 году составит величину порядка 15 – 20%. Многие эксперты придерживаются более радикальных позиций, и называют цифру более 30%. При этом пик спроса на нефть прогнозируется в 2028 - 2032 годах (106 – 107 млн. баррелей в сутки). Далее к 2040 году спрос может упасть до 85 – 90 млн. баррелей в сутки, что соответствует уровню 2010 года.

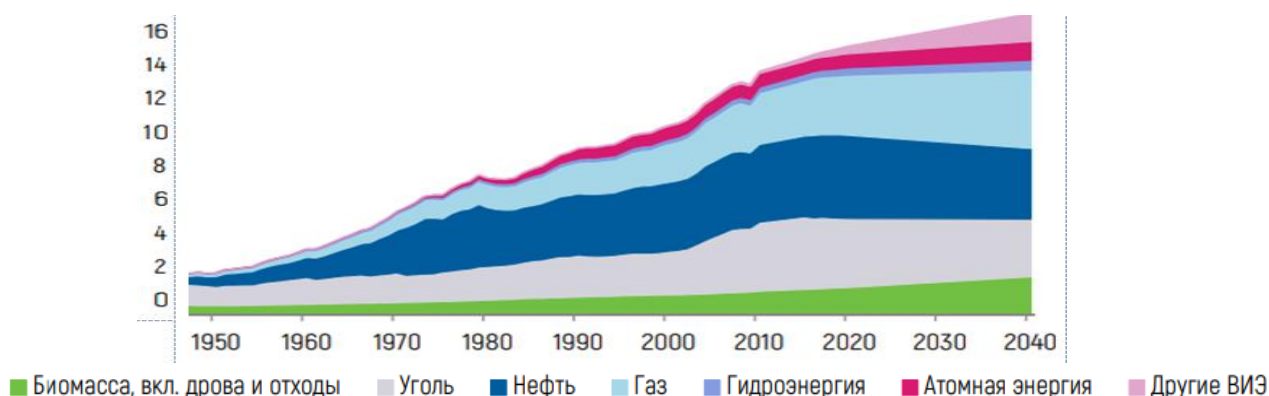


Рис. 6. Объемы мирового энергопотребления по видам топлива в млрд. т н.э.

Заключение

В настоящее время мировая экономика входит в новый этап «энергетического перехода», связанный с широким использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и вытеснению ископаемых видов топлива. Для нефтяного рынка важнейшим событием может явиться прохождение пика добычи нефти, после которого добыча нефти устойчиво снижается. Заметим, что на протяжении прошедшего столетия мировая добыча нефти неуклонно росла. Причем это произойдет не из-за исчерпания запасов нефти, как думали ранее, а из-за сокращения спроса. Это является очень серьезным вызовом для нефтедобывающих стран, а особенно для России. Нефтяной рынок являлся исключительно волатильным и характеризуется регулярными ценовыми шоками. В этой связи проблема построения адекватных моделей нефтяного рынка является исключительно острой.

В работе проведен анализ проблем моделирования глобального рынка нефти, а также подходов и направлений исследований в этой области. Во многих случаях моделирование глобального нефтяного рынка оказываются полезными, и позволяет прогнозировать его параметры. Однако полностью справиться с проблемой прогнозирования глобального рынка нефти они пока не могут из-за исключительной сложности этой задачи.

Литература

1. Акинфиев В.К. Моделирование глобального рынка нефти: исследования и результаты // Управление большими системами. Выпуск 85. М.: ИПУ РАН, 2020. - С.173-205.
2. Акинфиев В. К. Модель конкуренции между нефтедобывающими компаниями с традиционным и нетрадиционным способом добычи // Управление большими системами. Выпуск 67. М.: ИПУ РАН, 2017. С.52-80.
3. Акинфиев В.К. Соглашение ОПЕК+: анализ последствий для России // Энергетическая политика, № 1(143), январь 2020, - С. 42-51.
4. Akinfiyev V.K. Modeling and Estimating the Impact of the OPEC Agreement on Oil Production in Russia// Advances in Systems Science and Applications, 19(3), 2019, p. 131-139.
5. Akinfiyev V.K. Global oil market forecasting models // Proceedings of the 13th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Moscow: IEEE, 2020.
6. Kilian L. D., P. Murphy The Role of Inventories and Speculative Trading in the Global Market for Crude Oil // Journal of Applied Econometrics, v. 29, 2014, p. 454–478.
7. Baumeister C., J.D. Hamilton Structural Interpretation of Vector Autoregressions with Incomplete Identification: Revisiting the Role of Oil Supply and Oil Demand Shocks // American Economic Review, № 109, 2019, - p. 1873-1910.
8. Kilian, L. Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market // American Economic Review, 99, 2009, - p. 1053-1069.
9. Ansari D. OPEC, Saudi Arabia, and the shale revolution: Insights from equilibrium modeling and oil politics // Energy Policy, Volume 111, December 2017, - p. 166-178.
10. Behar A., Ritz R. A. OPEC vs US shale: Analyzing the shift to a market-share strategy // Energy Economics, 63, 2017, - p. 185-198.
11. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН – Московская школа управления СКОЛКОВО – Москва, 2019. – 210 с. - ISBN 978-5-91438-028-8.