

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Санкт-Петербургский государственный университет  
Основная образовательная программа «Свободные искусства и науки»

Ракова Галина Арменовна

**ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА НЕФТИ**

Выпускная квалификационная работа по направлению подготовки  
035300 «Искусства и гуманитарные науки»

Профиль подготовки «Экономика»

Научный руководитель:

Настыч Мария Александровна,  
ассистент

Санкт-Петербург  
2017

## Содержание

Введение .....	3
Глава 1. Характеристики современного нефтяного рынка .....	6
1.1 Исторические предпосылки ситуации на современном рынке нефти .....	6
1.2 Нефть как товар .....	12
1.3 Конкурентные отношения и особенности ценообразования на нефтяном международном рынке .....	16
Глава 2. Теоретико-игровое моделирование современного рынка нефти .....	23
2.1 Обзор современных теоретических результатов моделирования олигополистической конкуренции по Курно и Штакельбергу .....	23
2.2 Функция спроса на мировом рынке нефти .....	25
2.3 Расчет равновесия на современном рынке нефти .....	33
2.4 Модель сговора об ограничении нефтедобычи в современных условиях .....	35
Глава 3. Эмпирический анализ современного рынка нефти .....	39
3.1 Функция спроса на мировом рынке нефти .....	39
3.2 Себестоимость добычи нефти в современных условиях .....	41
3.3 Равновесие на современном рынке нефти .....	42
Заключение .....	47
Список использованной литературы .....	51
Приложения .....	56

## Введение

Проблема низких цен на сырую нефть, существующая на современном международном рынке нефти с 2014 года, сложилась в результате постоянного наращивания объемов добычи нефти в процессе конкурентной борьбы и соответствует равновесному состоянию по Нэшу. Сложившаяся ситуация на рынке может быть описана с помощью классической «дилеммы заключенного». Крупнейшие игроки рынка стремятся изменить ситуацию на нефтяном рынке в сторону Парето эффективности, образовав сговор. Таким образом, на встрече в Вене 30 ноября 2016 года 26 стран (включая членов ОПЕК) приняли решение об установлении квот на добычу сырой нефти с целью достижения оптимальной прибыли.

Актуальность данной темы обусловлена тем фактом, что все страны в определенной мере являются потребителями нефти и нефтепродуктов, тем самым становясь заинтересованными участниками глобального нефтяного рынка. В данном исследовании с помощью теоретико-игровых моделей рассматривается сложившаяся на современном нефтяном рынке ситуация, при которой игроки вступают в сговор для увеличения своих прибылей. В работе применяются количественные методы для получения условий (оптимальных квот), при которых возможно достичь Парето эффективности.

Тема функционирования международного нефтяного рынка широко распространена среди современных исследований. В число научных работ, упомянутых в теоретической части данного исследования, вошли статьи А.А. Конопляника, О.Б. Брагинского, В.И. Капусткина и О.Л. Маргания. Что касается практической части, в ней подробно рассмотрены концепции, предложенные в своих работах следующими авторами: Peter Cramton и Thomas R. Palfrey, Al-Yousef Nourah Abdul Rahman, Noureddine Krichene, С.-У. Cynthia Lin Lawell, а также исследовательской группой под руководством Бобылева Ю.Н.

Однако, несмотря на высокий интерес среди исследователей, проблема взаимодействия участников на нефтяном международном рынке не часто рассматривается с использованием инструментов, применяемых в области теории игр. Среди методов, с помощью которых было произведено моделирование поведения игроков на современном международном рынке нефти, можно выделить модели олигополистической конкуренции Курно и Штакельберга, с помощью которых в данной работе был произведен расчет оптимального коэффициента квот на добычу данного энергоносителя.

Применение предложенных Курно и Штакельбергом концепций позволило смоделировать несколько возможных на нефтяном рынке ситуаций и предположить действия стран-участников в сложившихся условиях. Так, в Главе 2 и 3 рассматриваются несколько случаев: в первом случае все участники международного рынка нефти вступают в сговор с целью ограничить предложение на глобальном рынке энергоносителей; во втором случае в сговор вступает только часть участников, тем самым образуя на рынке две группы игроков (участвующих в сговоре и аутсайдеров).

Объектом данного исследования является современный международный рынок сырой нефти как сфера взаимодействия основных экспортеров данного вида энергоресурсов. В качестве предмета исследования выступает уровень квот на добычу нефти, который готовы будут установить страны-участники в случае принятия договоренностей.

Гипотеза данного исследования соответствует предположению членов Венского соглашения. Она состоит в том, что, если игроки нефтяного рынка договорятся о сокращении объема добычи среди участников картеля, то цена на нефть повысится, что повлечет за собой увеличение прибыли. В данном исследовании производится расчет условий картеля, позволяющих прийти к оптимальному значению размера прибылей среди участников соглашения.

Целями данного исследования являются: определение основных характеристик современного международного рынка нефти, аналитическое моделирование современного рынка нефти и его эмпирический анализ.

Задачи, посредством которых достигаются указанные цели, распределены в трех главах, посвященных теоретическому, практическому и эмпирическому анализу современного рынка нефти соответственно.

В Главе 1, содержащей практическую часть исследования, выполняются следующие задачи:

- выделяются исторические предпосылки ситуации, сложившейся на современном нефтяном рынке;
- рассматривается феномен нефти с точки зрения товарных характеристик, которыми она обладала на первых этапах развития нефтяного рынка, и постепенно приобретенных ею свойствах, присущих спекулятивно-инвестиционным инструментам;
- определяются конкурентные отношения и особенности ценообразования на нефтяном международном рынке.

В Главе 2, посвящённой практическому исследованию, выполнены следующие задачи:

- представлен обзор современных теоретических результатов моделирования олигополистической конкуренции по Курно и Штакельбергу;
- произведен аргументированный выбор функции спроса для расчета равновесия на современном рынке, и выполнены соответствующие расчеты;
- рассмотрена модель сговора об ограничении нефтедобычи в современных условиях.

Что касается задач, осуществленных в Главе 3, здесь стоит отметить аспекты, относящиеся к эмпирическому анализу, а именно:

- эмпирическое исследование функции спроса, полученной в Главе 2;
- расчет себестоимости добычи нефти в современных условиях;
- определение равновесной ситуации на международном нефтяном рынке нефти с использованием количественных показателей.

## Глава 1. Характеристики современного нефтяного рынка

### 1.1 Исторические предпосылки ситуации на современном рынке нефти

Обращаясь к истории нефтяной промышленности, стоит отметить, что датой её зарождения принято считать 1859 год, когда в Пенсильвании началась масштабная добыча нефти<sup>1</sup> (около 3 млн баррелей в 1862 году), что привело к резкому падению цен на нефть и вытеснению энергоносителей угля с рынка. Объектом международной торговли нефть стала в годы Гражданской войны в США (1861-1865 гг.)<sup>2</sup>. В 1870 году Джон Девисон Рокфеллер основал первую интегрированную нефтяную компанию «Standard Oil», успешная деятельность которой позволила США укрепить свою позицию мирового лидера на нефтяном рынке в течение следующего десятилетия. Однако нефтяной бум, произошедший в 1880-1890-е годы на Бакинском месторождении<sup>3</sup>, дал России возможность вступить в конкурентную борьбу с США за долю экспорта на нефтяном рынке, что привело к напряженной борьбе, продлившейся следующие несколько десятилетий.

Начало XX века (согласно показателям за 1900 г., нефть, экспортируемая из России, занимала 51,2% от мирового рынка, США - около 42 %) <sup>4</sup> ознаменовалось структурными изменениями нефтяного рынка: в связи с

---

<sup>1</sup> Капусткин В.И., Маргания О.Л. Основные этапы развития международной нефтяной промышленности и мирового рынка нефти. СПб.: «Экономическая школа» ГУ ВШЭ, 2008. С.54

<sup>2</sup> Капусткин В.И., Маргания О.Л. Указ. соч. С.55

<sup>3</sup> Alice J. Barnes, Nicolas S. Briggs. The Caspian Oil Reserves. The political and environmental implications of "Black Gold" in the world market. EDGE, 2003. 4-5

<sup>4</sup> The Shift Project Data Portal [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tsp-data-portal.org/TOP-20-Producer#tspQvChart> (дата обращения: 12.12.2016)

Для анализа ситуации, сложившейся на мировом нефтяном рынке, и прослеживания тенденций в области распределения влияния между странами – главными нефтедобытчиками в период с 1900 г. по 2015 г. в данной работе были рассмотрены несколько ресурсов: "The Shift Project Data Portal", "Bp Global", а также "International Energy Agency". Однако, так как в связи с погрешностями при расчетах, данные за некоторые годы в указанных источниках разнятся, необходимо было выбрать один информационный ресурс. Поскольку данные, представленные в «The Shift Project Data Portal» охватывают достаточный для данного исследования временной отрезок, а также в связи с тем, что представленная в нем информация получена в результате компиляции результатов исследований двух независимых источников, для выполнения поставленной цели сравнения объемов добычи между странами в разные годы используется именно этот информационный ресурс.

распространением использования электричества для освещения рынок керосина постепенно начал приходить в упадок. В то же время вследствие появления первых автомобилей и увеличения спроса на мазут, используемый в промышленности, увеличилась роль рынка бензина. В течение первых десятилетий XX века распределение сил на мировом нефтяном рынке существенно изменилось. Россия потеряла большую часть своих внешних рынков и, несмотря на то, что ей удалось сохранить второе место в списке крупнейших экспортеров мира, на ее долю к 1917 году приходилось лишь 12,8 % от мирового рынка (0,2 мб/д)<sup>5</sup>, тогда как экспорт США в тот период составлял 65,2% от мирового нефтяного рынка (0,9 мб/д)<sup>6</sup>. Также открытие месторождения Спиндлтоп<sup>7</sup> в Техасе и нахождение нефти в Иране<sup>8</sup> повлияло на борьбу за влияние на международном рынке нефти и на возникновение острой конкуренции между крупнейшими мировыми державами: Великобританией, Германией, США и Россией (последние обладали преимуществом в связи с расположением нефтяных источников на их территории).

В последующие несколько десятилетий распределение сил среди стран-нефтедобытчиков снова изменилось: национализация нефтяной промышленности в Мексике, открытие месторождений в Саудовской Аравии, создание антифранцузского союза в связи со сближением США и Великобритании, увеличение объема добычи нефти в Венесуэле<sup>9</sup> - эти и другие факторы привели к обновлению иерархии стран в списке мировых экспортеров.

Вторая мировая война послужила толчком к новым изменениям в распределении сил на мировом нефтяном рынке. В связи с нападением

---

<sup>5</sup> Там же

<sup>6</sup> Там же

<sup>7</sup> Столяров А.И. Генезис малого предпринимательства в Российской нефтяной отрасли // Региональная экономика: теория и практика, №29. 2011. С.4

<sup>8</sup> Даушвили Г.Д., Исаев Г.Г. Проблемы и стимулы развития энергетики Северной Африки и Ближнего Востока: Иран, Саудовская Аравия // Нефть, газ, модернизация общества. Под ред. Н.А. Добронравина, О.Л. Маргания. СПб.: Экономическая школа ГУ-ВШЭ, 2008. С.286-287.

<sup>9</sup> Гельман В.Я. Венесуэла и Мексика: нефть, авторитаризм и популизм // Нефть, газ, модернизация общества. Под ред. Н.А. Добронравина, О.Л. Маргания. СПб.: Экономическая школа ГУ-ВШЭ, 2008. С.166-171.

немецкой армии на СССР и постепенному захвату ей территорий государства, в стране началось активное расширение нефтяной промышленности (поскольку в довоенный период нефть добывалась в основном в южных районах страны): шло интенсивное развитие восточных нефтеносных районов, была создана новая нефтяная база страны, была получена первая промышленная нефть в Татарии. «Быстрое восстановление довоенного объема нефтедобычи во второй половине 1940-х — начале 50-х гг. и дальнейший ее рост были связаны с развитием «Второго Баку», стремительно набиравшего обороты уже в годы войны.»<sup>10</sup> Однако, несмотря на определенный рост нефтяной промышленности СССР в этот период, очевидным было ее отставание от аналогичных показателей США. Таким образом, к 1960 г. тройку крупнейших экспортеров нефти составили США, СССР и Венесуэла (в этот период объемы добычи сырой нефти в США составляли 7,6 мб/д, тогда как в Венесуэле и СССР этот показатель достигал около 2,9 мб/д)<sup>11</sup>.

Важным событием в истории развития нефтяной промышленности стало образование в 1960 году Организации стран экспортеров нефти (ОПЕК), в которую вошли Саудовская Аравия, Кувейт, Иран, Ирак и Венесуэла, а позднее присоединились Объединенные Арабские Эмираты, Катар, Алжир, Нигерия, Ливия и Индонезия. Целью создания ОПЕК был сбор сил для противостояния картелю «семи сестер»<sup>12</sup> (изначально в картель входили: Exxon, Mobil, Chevron, Texaco, Gulf Oil, Shell, British Petroleum).

В связи с политическими перипетиями 70-х годов и их последствиями (революция и национализация нефти в Ливии, арабо-израильская война «Йом-Кипур», энергетический кризис) в 1974 было создано Международное Энергетическое Агентство, которое было призвано совершенствовать мировую систему спроса и предложения энергоресурсов и в целом

---

<sup>10</sup> Карпов В.П. Нефть и газ в промышленной политике СССР (России) // Вестник нижегородского государственного университета, №4, 2010. С.7. [Электронный ресурс]. - URL: <file:///C:/Users/%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81/Downloads/neft-i-gaz-v-promyshlennoy-politike-sssr-rossii.pdf> (дата обращения: 5.01.2017)

<sup>11</sup> The Shift Project Data Portal. TOP 20 Producers [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tsp-data-portal.org/TOP-20-Producer#tspQvChart> (дата обращения: 12.12.2016)

<sup>12</sup> Капусткин В.И., Маргания О.Л. Указ. соч. С. 66-70

осуществлять контроль за событиями на мировом нефтяном рынке, что в дальнейшем вызвало стабилизацию в области нефтяной промышленности<sup>13</sup> (были созданы значительные запасы нефти, а также были обнаружены новые перспективные территории: Мексика, Северное море, Аляска, - где во второй половине XX века активно начали разрабатывать и развивать месторождения). Однако, несмотря на указанные благоприятные факторы, дальнейшие события привели к кризису на мировом рынке энергоресурсов.

Революция, произошедшая в Иране (который на тот момент занимал второе место по объему экспорта нефти в мире) в 1979 году, привела к тому, что в стране перестали добывать нефть; случившийся в результате этого нефтяной шок повлек за собой резкий скачок цен на нефть.<sup>14</sup> Однако последующее усиление роли альтернативных видов топлива и увеличение добычи нефти в таких районах как Аляска и Северное море снизили зависимость от стран – крупных нефтедобытчиков, что послужило предпосылкой для снижения цен на этот энергоресурс.

В связи с постепенной потерей контроля над нефтяным рынком и несмотря на попытки его вернуть (например, введение квот на добычу нефти), доходы стран, входящих в ОПЕК, постепенно снижались. С целью повлиять на сложившуюся ситуацию члены организации отказались от расширения своей доли рынка, снизили объем добычи и установили цену за баррель и квоты на добычу; эти изменения позволили сделать рынок более предсказуемым.

В последнее десятилетие XX века рынок жидкого топлива вступил со следующим распределением долей в мировом экспорте нефти: на долю Саудовской Аравии приходилось 7 мб/д, на долю остальных членов ОПЕК суммарно – 15.3 мб/д, на долю США – 9.7 мб/д.<sup>15</sup> В 90-е годы произошло несколько значительных событий, которые оказали влияние на нефтяной

---

<sup>13</sup> International Energy Agency. Our Mission [Электронный ресурс]. -URL: <http://www.iea.org/about/ourmission/> (дата обращения: 12.11.2016)

<sup>14</sup> Гельман В.Я. Указ. соч. С.176

<sup>15</sup> The Shift Project Data Portal. TOP 20 Producers [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tsp-data-portal.org/TOP-20-Producer#tspQvChart> (дата обращения: 12.12.2016)

рынок: вторжение Ирака в Кувейт (1900 год)<sup>16</sup> и последующий кризис на мировом рынке нефти; распад Советского Союза (1992 год) и, как следствие, образование новых независимых стран-производителей нефти (Россия, Азербайджан, Туркмения, Узбекистан, Украина, Казахстан); подписание Европейской Энергетической Хартии (1991 год)<sup>17</sup>, - все это привело к изменениям в распределении влияния на нефтяном рынке и послужило почвой для формирования мирового рынка энергоресурсов уже в новом столетии.

Нефтяной рынок вошел в XXI век в преобразованном виде: в связи с началом мирового финансового кризиса и, как следствие, резким падением цен на нефть в 90-е годы рынок превратился из системы, где царствовали «семь сестер» («British Petroleum», «Chevron Corporation», «Gulf», «Mobil», «ExxonMobil», «Royal Dutch Shell», «Техасо») в систему, где правили четыре основных игрока: «ExxonMobil», «Royal Dutch Shell», «British Petroleum Атосо», «Mobil&Техасо». Первое же десятилетие нового века ознаменовалось нефтяным бумом, произошедшим в результате войны в Ираке, и мировым экономическим ростом, которые привели к ажиотажному спросу на нефть (к 2005 году цена за баррель поднялась до уровня 68,63 д/бар)<sup>18</sup>.

Следствием наступления мирового экономического кризиса 2008 года стало обострение проблем в области энергетики. Лопнувший “финансовый пузырь” привел к резкому падению цен на нефть, а упавший спрос на этот энергоресурс привел к появлению избытков нефти, что послужило причиной для дальнейшего падения цен (только в 2009 г. цены стали стабильно подниматься: так, в июне 2009 г. цены на нефть достигли 72,13 д/бар).<sup>19</sup> Несмотря на то, что произошедший кризис привел к обвалу рынков энергоносителей, и многие инвестиции были выведены из стран-экспортеров, преодолев стагнацию 2009 г. мировая экономика постепенно вышла из

---

<sup>16</sup> Капусткин В.И., Маргания О.Л. Указ. соч. С. 98

<sup>17</sup> Василевич Т.А. Роль договора к энергетической хартии в системе обеспечения международной энергетической безопасности // Актуальные проблемы Российского права, № 3, 2008. С. 501

<sup>18</sup> Economic Research at Federal Reserve Bank of St. Louis. Crude Oil Prices: West Texas Intermediate (WTI) [Электронный ресурс]. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/DCOILWTICO> (дата обращения: 7.11.2016)

<sup>19</sup> Там же

кризиса, спрос на энергоресурсы снова начал расти, а странам - лидерам нефтедобывающей промышленности удалось сохранить свои места в списке крупнейших экспортеров. Так, в 2014 году уровень добычи нефти в США достигал 14 мб/д., в Саудовской Аравии – 11,6 мб/д., а в России – 10,9 мб/д<sup>20</sup>.

Отдельного внимания заслуживает феномен «сланцевой революции», которая в значительной степени повлияла на распределение сил среди крупнейших нефтяных экспортеров в начале XXI века и позволила США преодолеть ресурсное ограничение. Внедрение достижений революционного научно-технологического прогресса, влияние экономической модели США и некоторые внешние факторы в совокупности подготовили благотворную почву для свершения «сланцевой революции». Кроме того, в сфере добычи ресурсов у США были некоторые преимущества перед другими странами. Обильная ресурсная база, долговременное государственное финансирование научных разработок, сосредоточение на территории страны 85% от общего числа эксплуатационных скважин в мире,<sup>21</sup> - эти факторы также повлияли на определение будущего нефтедобывающей промышленности в США. Несмотря на то, что освоение сланцев на тот момент не являлось принципиально новым явлением, именно США удалось совершить мощный прорыв в области нефте- и газодобычи и прочно укрепиться среди лидеров стран-энергодобытчиков. Вследствие произошедших изменений государству удалось избавиться от статуса энергодефицитной страны и стать индустриальной державой с низкими производственными издержками.<sup>22</sup> Таким образом, становится очевидным тот факт, что сланцевая революция стала одним из ключевых факторов, позволивших США изменить свою позицию на международном рынке жидкого топлива.

Проанализировав события, происходившие параллельно развитию международного нефтяного рынка, можно увидеть, что в разные этапы они в

---

<sup>20</sup> The Shift Project Data Portal [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tsp-data-portal.org/TOP-20-Producer#tspQvChart> (дата обращения: 9.01.2017)

<sup>21</sup> Конопляник А.А. Американская сланцевая революция: последствия необратимы // ЭКО, №5, 2014. С. 111-126

<sup>22</sup> Конопляник А.А. Указ. соч. С. 117

той или иной мере влияли на его становление. Стоит отметить, что в первую очередь они нашли отражение в распределении сил между основными участниками рынка энергоносителей. График, указывающий объемы экспортируемой нефти разными странами в период с 1900 по 2014 гг., представлен в Приложении 1.

## **1.2 Нефть как товар**

Прежде чем более подробно изучать взаимоотношения участников современного рынка нефти, необходимо подробнее рассмотреть объект, вокруг которого складываются эти отношения. В первую очередь следует отметить, что существует несколько типов классификаций нефти: химическая, технологическая и техническая. В основе химической классификации лежит содержание в нефти определенных углеводов. Согласно данному виду классификации выделяют следующие типы нефти: парафиновая, парафиноциклановая, циклановая, парафино-нафтено-ароматическая, нафтено-ароматическая и ароматическая.<sup>23</sup> Технологическая классификация, в свою очередь, подразумевает разделение нефти на виды в зависимости от содержания в ней серы, парафина, фракций, а также потенциального содержания базовых масел. Что касается технической классификации, в соответствии с ГОСТ России Р 51858-29992<sup>24</sup> нефть делится на виды в зависимости от содержания общей серы, плотности, содержания воды и хлористых солей и содержания сероводорода и легких меркаптанов.

Среди ключевых характеристик нефти следует выделить плотность, которая, в свою очередь, зависит от содержания смол и парафиновых углеводов. По признаку плотности нефть классифицируют по видам от сверхлегкой, плотностью более 41,1% API, до сверхтяжелой – менее 10% API.

---

<sup>23</sup> Леффер Л.У. Переработка нефти. М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2009. С.15-26

<sup>24</sup> Государственный стандарт Российской Федерации. Нефть // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс], - URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51858-2002> (дата обращения: 20.01.2017)

В соответствии с международной классификацией, в зависимости от плотности выделяются следующие виды нефти: extra light, light, medium, heavy и extra heavy.<sup>25</sup> Наиболее ценной нефтью является нефть с высоким уровнем API, то есть легкая нефть.

В зависимости от состава, качества и однородности выделяются множество сортов нефти, добываемой на различных месторождениях. В 1980-х гг. определились несколько ведущих сортов нефти, в скором времени признанных эталонными, а именно: Brent Blend, West Texas Intermediate и Dubai Crude. Данные сорта нефти называются маркерными, поскольку публикуемые на них котировки определяют цены на мировом нефтяном рынке.

Нефть - предмет коммерческой деятельности, которая, в свою очередь, не может функционировать без основного её составляющего - товара. Под товаром в общем смысле понимается продукт деятельности, предназначенный для продажи или обмена и обладающий потребительской стоимостью. Изначально нефть, обладая вышеперечисленными характеристиками, выступала на международном рынке в качестве физического товара.

Ситуация изменилась в конце 1970-х годов, когда на товарной бирже Нью-Йорка стали проводиться операции с жидким топливом, а позже, в 1980-х гг., нефть стала также предметом торговых операций на Лондонской нефтяной бирже. С того момента международный нефтяной рынок постепенно начал перенимать характеристики финансового рынка.<sup>26</sup> Так, например, на рынке энергоресурсов стали применяться техники биржевых операций и механизмы управления рисками, широко используемые на рынке ценных бумаг.

Однако трансформация нефтяного рынка не была ограничена присвоением характеристик, относящихся к рынку финансовому. К произошедшим изменениям также относится более широкое использование

---

<sup>25</sup> Леффер Л.У. Указ. соч. С. 21-25

<sup>26</sup> Капусткин В.И., Маргания О.Л. Указ. соч. С. 96-97

товарообменных сделок (например, участники рынка чаще стали прибегать к сделкам, предполагающим оплату поставок нефти встречными поставками оборудования, машин или военной техники) и образование новых сегментов рынка (широко распространенные прежде долгосрочные контракты уступили место разовым сделкам, на смену которым, в свою очередь, пришли форвардные и фьючерсные сделки). Таким образом, в этот период нефтяной рынок постепенно преобразовался из товарного рынка в рынок финансовых деривативов, что, в свою очередь, послужило причиной формированию двух основных групп участников нового рынка: спекулянтов и хеджеров.<sup>27</sup>

К хеджерам относятся нефтедобывающие компании и компании-трейдеры, в интересы которых входит стабилизация ценовых колебаний. В связи с этим хеджеры прибегают к активному использованию финансовых инструментов с целью снизить риски от участия в сделках на нефтяном рынке. К спекулянтам относятся различные финансовые инвесторы, имеющие дело с “бумажной нефтью” (с нефтяными контрактами и производными финансовыми инструментами на нефтяные контракты). Прибыль финансовых инвесторов зависит от определения изменений цены. С целью выиграть спекулянты вынуждены принимать на себя определенные ценовые риски, в то время как задача хеджеров – избегать данные риски.

«Современная контрактная структура мирового рынка нефти и механизмы ценообразования на нем отстраивались в течение последних 80 лет организованной международной торговли жидким топливом, в том числе последние 30 лет — в рамках англосаксонской модели построения открытого, конкурентного, высоколиквидного, саморегулирующегося глобального рынка и развивались вместе с эволюцией этой модели». <sup>28</sup> Постепенно на международном нефтяном рынке сменялись приоритеты в отношении совершаемых видов сделок. Так, предпочитаемые изначально трансфертные сделки были дополнены долгосрочными контрактами, к которым позже

---

<sup>27</sup> Конопляник А.А. О ценах на нефть и нефтяных деривативах // Экономические стратегии, №2, 2009. С.2-3

<sup>28</sup> Конопляник А.А. Указ. соч. С. 2

добавились краткосрочные контракты. «Впоследствии появились разовые сделки: сначала с немедленной поставкой (спот), потом с отложенной поставкой реального товара, обеспеченной его товарными запасами (форвард), а затем форвардные сделки, но уже выходящие за пределы обеспеченности поставок товарными запасами.»<sup>29</sup>

Как уже было указано выше, трансформация контрактной структуры нефтяного рынка проходила не в форме замены доминирующих видов сделок, а в форме пополнения списка распространенных видов сделок теми, которые отвечали вновь появлявшимся запросам нефтяного сообщества, что приводило к постепенному усложнению системы обмена на международном рынке жидкого топлива в связи с появлением новых инструментов купли-продажи нефти. «При этом по мере развития рынка «физической» нефти срочность последующих видов контрактных сделок становилась, как правило, короче предыдущих (эволюция от долгосрочных к спотовым/разовым сделкам с немедленной поставкой). Формирование рынка «бумажной» нефти шло, напротив, по пути удлинения <...> срочности фьючерсных контрактов, которая на сегодняшний день достигает 72 месяцев (правда, 80–85% объема фьючерсов приходится на первые три из этих 72 месяцев).»<sup>30</sup>

Сегодня на мировом рынке нефти торговля жидким топливом может осуществляться следующими способами: по фьючерсным контрактам, по контрактам, заключаемым на так называемом внебиржевом рынке, и по прямым долгосрочным контрактам между производителем и потребителем нефти. Наибольшие объемы нефти торгуются на Нью-Йоркской (NYMEX) и Международной нефтяной бирже (IPE) в Лондоне (сегодня – ICE Futures). «В настоящее время ведущие центры спотовой торговли нефтью (здесь сосредоточены основные хранилища ее коммерческих запасов, что позволяет обеспечивать как немедленную, так и отложенную поставку по разовым сделкам) — это треугольник АРА (Амстердам — Роттердам — Антверпен) в

---

<sup>29</sup> Конопляник А.А. Указ. соч. С. 2

<sup>30</sup> Конопляник А.А. Указ. соч. С. 4-5

Европе (маркерный сорт нефти — Brent), Сингапур в Азии (маркерные сорта нефти — Dubai и Oman), Нью-Йорк в США (маркерный сорт — западно-техасская средняя смесь (WTI)»<sup>31</sup>, являющийся самым ликвидным энерго-сырьевым товаром в мире (уровень “черна” для WTI составляет около 700). Показатель “чёрн” (англ. “churn”) означает отношение суммарного объема открытых биржевых позиций к объему физической поставки реального товара на торговой площадке и используется для оценки ликвидности рынка<sup>32</sup>. Согласно общепринятому мнению, ликвидными считаются рынки, уровень “черна” которых достигает 15 и выше).<sup>33</sup>

Таким образом, ознакомление с техническими характеристиками нефти, а также описание процесса перехода ее из категории обычных товаров в категорию спекулятивных инструментов расширило понимание международного рынка энергоносителей и дало более полное представление о том, каким образом современный нефтяной рынок приобрел свой настоящий вид.

### **1.3 Конкурентные отношения и особенности ценообразования на нефтяном международном рынке**

В различные периоды функционирования нефтяного рынка процесс ценообразования складывался под воздействием разных сил. Вплоть до 1971 года определяющим фактором в процессе образования цен являлась деятельность международного нефтяного картеля (среди участников — американские компании "Standard Oil Company of New Jersey", "Texaco Incorporated", "Mobil Corporation", "Standard Oil Company of California", "Gulf Oil Corporation", а также англо-нидерландская "Royal Dutch-Shell Group" и английский "British Petroleum Corporation"), участники которого за время

---

<sup>31</sup> Конопляник А.А. Указ. соч. С. 5

<sup>32</sup> Раевская Н.В. Совершенствование организационных структур российских нефтяных компаний // Нефть, газ и бизнес, №1, 2013. С. 23-29

<sup>33</sup> Конопляник А.А. Эволюция ценообразования на газ в континентальной Европе: Часть 3. Формулы привязки в рамках долгосрочных контрактов и (или?) конкуренция «газ-газ» на рынке разовых сделок // Газовый бизнес, 2009. С. 77

существования организации заключили ряд соглашений, среди которых было также соглашение об установлении экспортных цен на нефть. На следующем этапе, с 1971 по 1986 гг., решающими голосами относительно уровня цен на нефть обладали страны-участницы международной межправительственной организации ОПЕК (а именно: Алжир, Ангола, Венесуэла, Габон, Ирак, Иран, Кувейт, Катар, Ливия, Объединенные Арабские Эмираты, Нигерия, Саудовская Аравия и Эквадор).

С 1986 г. по сегодняшний день ситуация на современном рынке нефти также складывается в результате взаимодействия стран - основных экспортеров, однако в результате их непрерывной деятельности список влиятельных участников нефтяного рынка расширился. В течение последних десятилетий в ряд с членами ОПЕК в качестве значительных стран-экспортеров встали Россия, США, Канада, Бразилия, Китай, Казахстан. (Отчасти повышение позиций в мировом рейтинге у некоторых стран из вышеуказанного списка связано с запуском широкомасштабной добычи «нетрадиционных» видов нефти: так, значительное увеличение объемов экспорта в США связано с реализацией сланцевой нефти<sup>34</sup>, в то время как в Канаде данное изменение связано с добычей нефтеносных песков). Таким образом, влияние организации ОПЕК относительно установления условий функционирования международного нефтяного рынка, а также процесса ценообразования на сырую нефть существенно снизилось. В результате расширения списка участников, а также трансформации контрактной структуры рынка и изменения роли нефти в товарообменных отношениях центром ценообразования стала биржа, а силами, определяющими уровень цен – ее участники.

Что касается характеристики взаимодействия между странами, активно действующими на нефтяном рынке, следует отметить, что до 1986 г.

---

<sup>34</sup> Конопляник А.А. Американская сланцевая революция: последствия необратимы // ЭКО, №5, 2014. С. 111-126

участники поддерживали картельные отношения (МНК, ОПЕК). Согласно Уставу ОПЕК, целью данной организации с момента ее создания является координация деятельности и разработка общей политики для стран-членов картеля, поддержание стабильных цен на нефть, установление регулярного обеспечения нефтью потребителей, организация стабильного дохода производителей и получение финансовой отдачи от вложений инвесторам<sup>35</sup>. Сегодня в результате образования на нефтяном рынке самостоятельных влиятельных игроков, сложилась олигополистическая структура, в рамках которой решающим фактором является объем добываемой в каждой стране нефти.

В сложившихся условиях игроки нефтяного рынка вынуждены поддерживать собственные интересы, несмотря на наличие препятствий, порожденных как внутренними проблемами стран, так и наличием внешних ограничений. Что касается сложностей, возникающих внутри государств, «проблема многих стран, богатых природными ресурсами, в частности нефтью (Венесуэла, Нигерия, ряд других стран-членов ОПЕК), состоит в том, что, используя эти ресурсы, правительства этих стран так и не смогли обеспечить долговременный экономический рост и высокий уровень жизни населения. Это явление получило в мировой литературе название «проклятие природных ресурсов».<sup>36</sup> Среди ограничений, порождаемых внешними факторами, важно выделить соглашение COP-21, принятое 179 государствами в Париже на Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Целью данного соглашения является поддержание увеличения средней температуры планеты ниже 2 градусов Цельсия. В рамках принятого соглашения страны-подписанты договорились принять внутренние меры по снижению выбросов углекислого газа в атмосферу с 2020 г. Поскольку выбросы, образуемые в процессе переработки сырой нефти, составляют значимую часть от общего

---

<sup>35</sup> Organization of the Petroleum Exporting Countries [Электронный ресурс], - URL: [http://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/23.htm](http://www.opec.org/opec_web/en/about_us/23.htm) (дата обращения: 14.02.2017)

<sup>36</sup> Брагинский О.Б. Цены на нефть: история, прогноз, влияние на экономику // Российский химический журнал, 52 (6). 2008. С. 23-29

числа вредных выбросов, грядущие ограничения, очевидно, затронут и мировой нефтяной рынок.

Прежде чем приступить к подробному рассмотрению действий ключевых игроков нефтяного рынка, необходимо более подробно изучить, как работает система ценообразования на современном рынке жидкого топлива. Существует несколько взглядов относительно факторов, определяющих процесс ценообразования на рынке нефти. С одной стороны, общеизвестным является факт, что на формирование цены может повлиять объем нефти, добываемый суммарно всеми странами, участвующими на данном рынке. Здесь четко прослеживается закономерная зависимость цены от общего объема предложения: так, в случае, если на международном рынке предложение превышает спрос на данный энергоноситель, уровень цен значительно падает. (Как уже было описано, одной из основных задач образования организации ОПЕК было установление ограничивающих квот на добычу нефти с целью удержания высокого уровня цен).

Кроме объемов добываемой нефти на снижение цены влияют и другие факторы, а именно: научно-технический прогресс (новые технологии, альтернативные источники энергии, экономические и финансовые кризисы, сообщения об открытии новых месторождений, свободные мощности нефтедобывающих стран, поощрительные законодательные акты, превышение стратегических запасов над оптимальным уровнем и благоприятные погодные условия (теплая зима), в то время как на повышение уровня цен влияют рост ВВП, истощение месторождений, сообщения об исчерпании свободных мощностей, запретительные законодательные акты, сокращение стратегических запасов, неблагоприятные погодные условия. В целом, факторы, влияющие на формирование цен на нефть, «можно условно разделить на внешние (общеекономические, политические,

метеорологические) и технические (технология, позиции ведущих биржевых игроков, анализ волатильности – изменчивости цены)». <sup>37</sup>

С другой стороны, специалисты высказывают мнение о том, что сегодня на международном рынке нефти процесс ценообразования на жидкое топливо «оторван» от событий, происходящих как с физической, так и с «бумажной» нефтью. Это означает, что все большую роль на нефтяном рынке начинают играть не-нефтяные игроки, финансовые инвесторы, для которых деривативны на нефть являются «лишь частью диверсифицированного пакета ценных бумаг... <...> Сегодня цена на нефть определяется в рамках конкуренции на глобальном рынке финансовых инструментов между нефтяными (в меньшей степени) и не-нефтяными (в большей степени) деривативами. Таким образом, сегодня цена на нефть определяется за пределами нефтяного рынка путем установления масштабов притока/оттока спекулятивного финансового капитала на рынок «бумажной» нефти». <sup>38</sup> Данное явление указывает на то, что обладание странами определенными запасами нефти перестало быть фактором, определяющим соотношение сил на международном рынке. Однако в данном исследовании указанная характеристика будет рассматриваться в качестве ключевого фактора в отношении определения роли игроков на современном нефтяном рынке.

Как было указано ранее, лидерами по объемам добываемой нефти являются Саудовская Аравия (являющаяся членом ОПЕК) и Соединенные Штаты Америки. В то время как для США преимуществом является обладание большим объемом финансовых нефтяных деривативов, а также факт, что ценообразование на нефть формируется в долларах США, Саудовская Аравия выигрывает тем, что она обладает внушительным запасом резервных мощностей. Таким образом, именно эти два участника оказывают наибольшее

---

<sup>37</sup> Брагинский О.Б. Указ. соч. С. 30

<sup>38</sup> Конопляник А.А. О ценах на нефть и нефтяных деривативах // Экономические стратегии, № 2, 2009. С. 54-61

влияние на ход событий на нефтяном международном рынке.

Форма рыночной структуры, сформировавшаяся на сегодняшний день на международном нефтяном рынке, является олигополией (несмотря на то, что Саудовская Аравия, является участником картельных отношений в организации ОПЕК), поскольку здесь несколько участников конкурируют друг с другом, за значительный объем добычи отвечают два основных игрока, а также вступление на рынок новых участников ограничено существенными барьерами. Взаимоотношения игроков в данной олигополистической структуре можно представить в форме «дилеммы заключенного». Суть игры в данном случае заключается в том, что перед участниками предстает дилемма, сокращать или наращивать объемы добываемой нефти. В условиях относительно низких цен на нефть у Саудовской Аравии и других участников ОПЕК есть стимулы к сокращению добычи сырой нефти для повышения цен, в то время как при относительно высоких ценах данным игрокам выгодно наращивать объемы добычи для того, чтобы отбить рыночную долю у США.

Отношения участников на международном рынке нефти можно представить в виде игры, смоделированной в форме «дилеммы заключенного» следующим образом: множество реальных участников нефтяного рынка мы представляем в виде двух сил: некая страна – игрок А и остальные страны – игрок В. У каждого из участников есть по две стратегии: увеличивать или сокращать добычу сырой нефти. В результате выбора той или иной стратегии игроки получают разные выигрыши (разную прибыль). Соотношение показателей выигрышей таково:  $c > b > a > d$  (Таблица 1).

Таблица 1 - Матрица выигрышей игроков нефтяного рынка

		В	
		увеличивать	сокращать
А	увеличивать	a; a	c; d
	сокращать	d; c	b; b

Доминирующей стратегией для каждого отдельного игрока будет «увеличивать», что позволит выявить равновесие по Нэшу (выигрыши участников при этом исходе составят  $a; a$ ), поскольку в данном случае ни один из игроков не может увеличить свой выигрыш путем изменения стратегии, если второй игрок не изменит стратегию. Очевидно, что выигрыши игроков увеличились бы, если бы каждый из них выбрал стратегию «сокращать» (поскольку из условия следует, что  $b > a$ ). Для этого необходимо, чтобы участники вступили в сговор и приняли решение о сокращении добычи каждым игроком, что позволило бы обоим участникам получить большую прибыль. Сложившаяся ситуация, при которой оба игрока выбирают стратегию «сокращать», является оптимумом по Парето, поскольку в данном случае невозможно улучшить положение одного игрока, не ухудшив положение другого. Применительно к реальному международному рынку нефти в качестве сговора, который может привести к увеличению прибыли всех участников служит договоренность, согласованная на встрече ОПЕК, состоявшейся 30 ноября 2016 года, в результате которой члены ОПЕК, а также одиннадцать стран, не входящих в организацию, приняли решение о введении квот для каждого участника с целью добиться повышения цен на данный энергоноситель. Подробное рассмотрение взаимодействия участников международного нефтяного рынка будет произведено в Главе 2.

Таким образом, проведенный анализ исторических предпосылок формирования современного рынка нефти, изучение различных характеристик самой нефти, рассмотрение функционирования международного нефтяного рынка и взаимодействия его участников, а также упоминание особенностей ценообразования в этой сфере позволяют сформировать довольно четкое представление об указанном рынке и создают в данном исследовании условия для теоретико-игрового моделирования современного международного нефтяного рынка.

## Глава 2. Теоретико-игровое моделирование современного рынка нефти

### 2.1 Обзор современных теоретических результатов моделирования олигополистической конкуренции по Курно и Штакельбергу

В данном исследовании для анализа ситуации на рынке нефти предполагается использование модели, предложенной французским экономистом и математиком Антуаном Огюстеном Курно, а именно: модель равновесия в условиях некооперированной олигополии. Данная модель позволяет определить, какой объем выпуска является оптимальным для каждого из участников рынка. Кроме того, в данной работе будет использована модель асимметричной олигополии, предложенная немецким экономистом Генрихом фон Штакельбергом, поскольку, в отличие от модели Курно, его теория предполагает возможность асимметричного поведения агентов.

Однако, прежде чем приступать к исследованию современного международного рынка нефти, необходимо ознакомиться с современными теоретическими результатами моделирования олигополистической конкуренции по Курно и Штакельбергу и таким образом убедиться в актуальности моделей, предложенных вышеуказанными авторами.

Среди современных исследований с использованием моделей Курно и Штакельберга можно выделить работу Алгазина Г.И. и Алгазиной Ю.Г. «Моделирование поведения экономических агентов в системе «производитель-посредник-конкурентный рынок»<sup>39</sup>. В данной работе авторы рассматривают проблему управления системой «производитель-посредник-рынок» с учетом ограниченности рационального поведения экономических агентов и несимметричности их информированности. Авторы предлагают модели Курно и Штакельберга для решения задачи нахождения и

---

<sup>39</sup>Алгазина Г.И., Алгазин Ю.Г. Моделирование поведения экономических агентов в системе "производитель-посредник-конкурентный рынок" // Управление большими системами: сборник трудов, №32, 2011. С.83-105

аналитического исследования возможных равновесных состояний данной системы. В результате исследования получены новые результаты о взаимосвязи между прибылью фирмы-производителя и ростом посреднической сети на конкурентном рынке.

Также одной из исследовательских работ, в которых рассматривается применение модели Штакельберга, является статья В.Г. Чаплыгина «Устойчивость и равновесие, кооперация и координация в глобальном пространстве: Дж. Нэш versus Г. Штакельберг». Автор данного исследования рассматривает применимость моделей Нэша и Штакельберга к процессам экономической координации и кооперации стран-участниц интеграционной группировки. В. Чаплыгин изучает отличия между схемами взаимодействия государств в глобальном экономическом пространстве, а также ставит вопрос о роли информации в ассиметрично развивающейся системе. Автор указывает, что «во взаимодействиях по Нэшу и по Штакельбергу существует различная степень восприимчивости информации, решающее влияние на которую оказывает характер взаимоотношений между участниками коалиции»<sup>40</sup>.

Среди современных теоретических результатов моделирования олигополистической конкуренции по Курно также можно выделить работу Питера Крамтона (Peter Cramton) и Томаса Полфри (Thomas R. Palfrey) «Заключение соглашений в картеле с неопределенностью издержек»<sup>41</sup>. В данной работе рассматривается деятельность компаний, сформировавших картель с целью увеличить свою прибыль в индустрии. Авторы формулируют модель и анализируют прямой механизм выявления предпочтений, а также описывают условия, необходимые и достаточные для достижения картелем уровня выпуска монополии. В том числе авторы рассматривают возможность достижения участниками картеля уровня выпуска монополии в случае моделей Курно и Бертрана. Кроме того, Питер Крамтон и Томас Полфри

---

<sup>22</sup> Чаплыгин В.Г. Устойчивость и равновесие, кооперация и координация в глобальном пространстве: Дж. Нэш versus Г. Штакельберг // Известия Томского Политехнического университета, Т.307. №2. 2004. С.173-176

<sup>41</sup> Cramton P.C., Palfrey T.R. Cartel Enforcement with Uncertainty About Costs, *International Economic Review*, Vol. 31(1). 1990. 17-47

характеризуют ряд соглашений, заключаемых в картеле, которые могут быть обеспечены равновесием по Нэшу, а также рассматривают различные варианты расширения предложенной модели.

Кроме того, рассматриваемые в данном исследовании модели применяются в работе А.Я. Басса и Е.А. Разомасова «Парадигма экономического равновесия на рынке потребительских услуг крупного города»<sup>42</sup>, в рамках которой авторы представляют анализ уровня цен на потребительские услуги в России, приводят оценки концентрации рынка, а также предлагают равновесную парадигму приведения рассматриваемого рынка к состоянию, близкому к совершенной конкуренции. Кроме того, исследователи демонстрируют необходимые преобразования модели Курно для рассматриваемого локального рынка и рассчитывают эффективное число предприятий, участвующих в конкуренции. (Под эффективным авторы понимают то количество предприятий, при котором на данном рынке устанавливается цена, которая делает услугу доступной для большинства потребителей). В результате А.Я. Басс и Е.А. Разомасова приводят доказательство применимости своих расчетов на практике путем сравнения полученного значения с его фактическим значением.

Таким образом, ознакомление с результатами современных теоретических исследований, авторы которых прибегают к применению моделей Курно и Штакельберга, дает весомое основание полагать, что данные модели можно рассматривать как надежные для изучения олигополистической конкуренции на современном нефтяном рынке.

## **2.2 Функция спроса на мировом рынке нефти**

Для того, чтобы обоснованно выбрать, какую функцию спроса применить в исследовании мирового рынка нефти, необходимо ознакомиться

---

<sup>42</sup> Басс А.Я., Разомасова Е.А. Парадигма экономического равновесия на рынке потребительских услуг крупного города // Идеи и идеалы, Т. 2, №1. 2014. С.22-28

с современными исследованиями, посвященными данному вопросу. Одна из работ, в которой рассматривается модель спроса на нефть, создана под руководством Бобылева Ю.Н. В исследовании «Факторы формирования цен на нефть»<sup>43</sup> рассматривается эконометрическая модель спроса на нефть, учитывающая нелинейность зависимости спроса от доходов и развития нефтесберегающих технологий.

Среди детерминанта спроса авторы выделяют: уровень доходов страны (как правило, используется концепция ВВП), инвестирование в энергоперерабатывающий капитал, различную скорость приспособления спроса на изменение цен на нефть, а также развитие нефтесберегающих технологий (которое способно оказывать только негативное воздействие на спрос). Зависимость спроса от ВВП учитывается при помощи функции Гомперца, с помощью которой определяется общий спрос от ВВП на душу населения:

$$Q = \gamma \text{POP} e^{-a e^{\beta \text{GDPpc}}} \quad (1)$$

где  $a$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – положительные константы,  $Q$  – потребление нефти на душу населения,  $\text{GDPpc}$  – ВВП на душу населения, а  $\text{POP}$  – население страны. В свою очередь (зависимый от цены) спрос на нефть является изоэластичным по ценам на нефть в различные моменты времени, а зависимость спроса от цены в данном случае является отрицательной.

Кроме того, для оценки развития эффекта нефтесберегающих технологий авторы предполагают, что появляющиеся модернизации становятся доступны одновременно всему миру и пропорционально уменьшают спрос на нефть. Таким образом, функция спроса приобретает следующий вид:

$$Q_t = \frac{\varphi \mu_t}{P_t^{\alpha_1} P_{t-1}^{\alpha_2} \dots P_{t-k+1}^{\alpha_k}} \text{POP} e^{-a e^{\beta \text{GDPpc}t}} \quad (2)$$

<sup>43</sup> Бобылев Ю.Н., Дробышевский С.М., Приходько С.В., Тагор С.В. Факторы формирования цен на нефть. М.: ИЭПП, 2006. С.73-99

$$\ln \mu_t = c \ln \mu_{t-1} \varepsilon_t^1, \quad (3)$$

где  $t$  – момент времени,  $P_t$  – цена на нефть в момент времени  $t$ ,  $\mu_t$  – ненаблюдаемая переменная, отвечающая за отклонение спроса от равновесного,  $\varepsilon_t^1$  – случайное возмущение, а  $\varphi_t$  – уровень развития нефтесберегающих технологий.

Для завершения модели авторы исследуют динамику фактора технологий. Они подчеркивают, что развитие нефтесберегающих технологий инициируется высокими ценами на нефть. Кроме того, исследователи указывают, что технологии, развиваемые в текущем периоде, начинают использоваться в следующем и, соответственно, предполагают, что фактор технологий следует определять уровнем цен на нефть в предыдущие моменты. Также авторы отмечают, что, поскольку процесс развития технологий является накопительным, новые технологии должны давать именно прирост эффективности использования нефти. Кроме того, по мнению авторов, коэффициент развития технологий  $\varphi$  должен также отражать разработку новых видов энергопотребляющих производств. Для того, чтобы учесть все вышеперечисленные факторы, исследователи предлагают следующее уравнение динамики фактора технологий:

$$\varphi_t = \varphi_{t-1} e^{-b_1 P_{t-1} - \dots - b_m P_{t-m} + \varepsilon_t^2}, \quad (4)$$

где  $\varepsilon_t^2$  отражает влияние неучтенных детерминант развития нефтесберегающих технологий, а также “внутреннюю” неопределенность процесса развития новых технологий.

В числе тестов, осуществленных для определения достоверности предложенной модели, авторы провели тест Чоу (на структурные сдвиги), который позволил подтвердить гипотезу о постоянстве коэффициентов модели во времени. Однако исследователи отмечают, что, несмотря на доказательство стабильности коэффициентов модели на временном промежутке с 1965 по 2004 гг., нет гарантии того, что коэффициенты будут оставаться стабильными и дальше (что можно рассматривать в качестве

недостатка разработанной модели). Поскольку нет возможности проверить стабильность в будущем, авторы утверждают, что в данном случае можно опираться только на стабильность в прошлом.

Несмотря на указанный недостаток, предложенная модель обладает существенными преимуществами. Например, важным является то, что авторы учитывают нелинейность зависимости спроса от доходов и развитие нефтесберегающих технологий. Несмотря на то, что идея учета нефтесберегающих технологий в эконометрических моделях при формировании функции спроса на энергоносители уже была рассмотрена в работе Gately 1995 г., новаторство данных авторов заключается в идее использования для оценки и учета данного фактора калмановский фильтр.

Также среди исследований, посвященных международному рынку нефти, можно выделить статью Nouredine Krichene «Модель с использованием системы одновременных уравнений для международных рынков сырой нефти и природного газа» («A Simultaneous Equations Model for World Crude Oil and Natural Gas Markets») <sup>44</sup>. В данной работе автор рассматривает рынки нефти и газа как взаимозависимые единицы, и, как следует из названия, для изучения спроса и предложения исследователь использует систему одновременных уравнений. Данная система выглядит следующим образом:

$$\text{спрос на сырую нефть: } y_1 + \delta_{12}y_2 + \gamma_{11}z_1 + \gamma_{14}z_4 = u_1, \quad (5)$$

$$\text{предложение сырой нефти: } y_1 + \delta_{22}y_2^e + \delta_{23}y_3 + \gamma_{22}z_2 + \gamma_{24}z_4 = u_2, \quad (6)$$

$$\text{спрос на природный газ: } y_3 + \delta_{34}y_4 + \gamma_{31}z_1 + \gamma_{34}z_4 = u_3, \quad (7)$$

$$\text{предложение природного газа: } \delta_{41}y_1 + y_3 + \delta_{44}y_4^e + \gamma_{43}z_3 + \gamma_{44}z_4 = u_4, \quad (8)$$

где  $y_1$  – добыча сырой нефти (в млн. бар. в день),  $y_2$  – номинальная цена сырой нефти (в дол. США за бар.),  $y_2^e$  – ожидаемая номинальная цена за сырую нефть (в дол. США за бар.),  $y_3$  – добыча природного газа (в млрд. куб. м. в день),  $y_4$  –

<sup>44</sup> Krichene N. A Simultaneous Equations Model for World Crude Oil and Natural Gas Markets. IMF Working Paper, No. 05/32. 2005. 5-10

номинальная цена природного газа (в центах США за куб. фут),  $y_4^e$  – ожидаемая номинальная цена за природный газ (в центах США за куб. фут),  $z_1$  – реальный индекс ВВП в семи индустриальных странах,  $z_2$  – фиктивная переменная для больших колебаний цен на нефть,  $z_3$  – фиктивная переменная для больших колебаний цен на природный газ,  $z_4$  – постоянная составляющая.

Спрос на сырую нефть в данной работе рассматривается как функция от его цены и выступает в качестве индикатора мировой экономической активности, который здесь приближен к реальному ВВП семи промышленно развитых стран.

В данной работе автор рассматривает как краткосрочную, так и долгосрочную эластичность спроса на нефть и газ. Автор указывает, что спрос на нефть обладает низкой краткосрочной ценовой эластичностью. Также Nouredine Krichene в своей статье делает вывод о том, что спрос на сырую нефть в краткосрочной перспективе по сравнению с прошлым столетием стал более чувствителен к уровню экономической активности. По мнению исследователя, в случае краткосрочной ценовой эластичности необходимо учитывать динамику изменения спроса и предложения, и, в связи с этим, в модели должны быть использованы отстающие переменные. Тестирования продолжительности отставания показывают, что оптимальное отставание будет составлять три или четыре периода. Для достижения краткосрочных оценок в данной модели применяется двухэтапный метод наименьших квадратов.

Что касается долгосрочной эластичности спроса на нефть, автор оценивает данный показатель с помощью двух методов: системы одновременных уравнений и коинтеграции временных рядов. Nouredine Krichene указывает, что оба указанных метода выявили значительное снижение эластичности спроса за последние десятилетия. Согласно данному исследованию, большие скачки цен сжимали долгосрочный спрос до уровня, который становился крайне неэластичным по отношению к изменениям цен.

В своем исследовании Nouredine Krichene применяет векторную авторегрессионную модель для анализа коинтеграции между ценами на сырую нефть и номинальным эффективным обменным курсом доллара с американскими процентными ставками, основываясь на месячных, квартальных и ежегодных данных. Автор приходит к выводу, что изменения процентных ставок и номинального эффективного обменного курса доллара могут оказать существенное влияние на цены на нефть, а именно: снижение процентных ставок и обесценивание NEER может привести к резкому повышению цен на нефть и наоборот. Как следствие, автор указывает, что координация кредитно-денежной политики между промышленно развитыми странами должна отдельно включать волатильность нефтяных рынков в инфляционном таргетировании.

Среди преимуществ модели, предложенной Nouredine Krichene, можно выделить тот факт, что подход автора к исследованию показателей спроса и предложения на рынках энергоресурсов включает изучение как краткосрочной, так и долгосрочной эластичности спроса, а также учитывает влияние на формирование спроса NEER и процентных ставок.

Кроме того, среди работ, в которых была предложена и оценена функция спроса на сырую нефть, можно выделить статью Nourah Abdulrahman Al-Yousef «Моделирование и прогнозирование спроса на сырую нефть в азиатских странах» («Modeling and Forecasting the Demand for Crude Oil in Asian Countries»)<sup>45</sup>. В данной работе автор рассматривает возрастание спроса на нефть в некоторых азиатских странах в период с 1982 по 2002 гг. (Для прогнозирования с использованием модели ARDL рассматривается период с 2006 по 2010 годы). Для своего исследования автор разделяет выбранные азиатские страны на несколько групп: страны с новой индустриальной экономикой (Гонконг, Тайвань, Корея, Сингапур, Индонезия, Малайзия, Филиппины, Тайланд), страны, состоящие в организации экономического

---

<sup>45</sup> Al-Yousef Nourah Abdul Rahman. Modeling and Forecasting the Demand for Crude Oil in Asian Countries. 25th USAEE/ IAEE North American Conference September, 2005. 20-31

сотрудничества и развития (Япония и Южная Корея, к третьей группе относится Китай, а четвертую группу составляют Индия и Пакистан.

Функция спроса, представленная в исследовании Н. Абдулрахманна Али-Йозефа, оценена с помощью коинтеграционного анализа и модели коррекции ошибок (ECM) с применением авторегрессионной модели с распределенным лагом (ARDL). Данный тест обладает преимуществом, которое заключается в том, что он применим независимо от уровня интеграции. Функция спроса на сырую нефть, предложенная автором исследования, выглядит следующим образом:

$$q_{it} = \beta_0 + \beta_1 y_{it} + \beta_2 p_t + u_t, \quad (9)$$

где  $q_{it}$  – уровень потребления сырой нефти в стране  $i$  в год  $t$ , а  $y_{it}$  – уровень ВВП для страны  $i$  в год  $t$ ,  $p$  – реальная розничная цена на сырую нефть, для которой индикаторами служат такие марки нефти как Brent, Dubai или Oman.

В результате использования оцененной модели для прогнозирования спроса на нефть автор пришел к выводу, что значимым фактором, влияющим на понижение и повышение спроса на жидкое топливо в азиатских странах, является их уровень ВВП. Несмотря на то, что предложенная модель имеет преимущества, в контексте данного исследования узкая направленность работы Н. Абдулрахмана Али-Йозефа (а именно, изучение лишь азиатских стран) является недостатком.

Кроме того, при выборе наиболее актуальной модели функции спроса, необходимой для определения оптимальных квот для участников международного рынка нефти, была рассмотрена работа С.-И. Синтии Лин (С.-У. Cynthia Lin) «Оценка предложения и спроса на мировом нефтяном рынке» («Estimating Supply and Demand in the World Oil Market.»)<sup>46</sup>. В исследовании предполагается, что функции спроса и предложения на рынке

---

<sup>46</sup> Lin C.C.-Y. Estimating Supply and Demand in the World Oil Market. The Journal of Energy and Development, Vol. 34(1,2). 2009. 1-32

нефти являются линейными, с фиксированными коэффициентами и аддитивными остатками, так как, согласно уточнению автора, допущение линейности и аддитивности упрощают методы оценки. Предложенная автором модель предполагает следующие функции спроса и предложения на рынке жидкого топлива:

$$\text{спрос:} \quad q_t = \beta_p^d p_t + x_t' \beta_x^d + \varepsilon_t^d \quad (10)$$

$$\text{предложение:} \quad q_t = \beta_p^s p_t + x_t' \beta_x^s + \varepsilon_t^s \quad (11)$$

где  $p_t$  – цена на нефть,  $x_t$  – вектор ковариации,  $q_t$  – равновесный объем добываемой нефти.

В результате своего исследования автор приходит к выводу о том, что попытка определить совокупно спрос и предложение на нефтяном рынке в условиях статичного рынка с совершенной конкуренцией представляется нереалистичной. Причиной возникновения данной проблемы является не отсутствие эконометрических методов или инструментов для обеспечения эффективной идентификации, а в первую очередь неправдоподобность предположений статистической совершенной конкуренции. Автор отмечает что эконометрическая модель, которая включает динамические аспекты нефтяного рынка, представляется более перспективной для исследования.

В результате рассмотрения различных моделей, предложенных современными исследователями для оценки мирового спроса на нефть, для данной работы мы выбираем функцию спроса (2), предложенную в исследовании Бобылева Ю.Н. «Факторы формирования цен на нефть», поскольку данная функция, отражающая зависимость спроса от различных факторов (в том числе и уровень развития нефтесберегающих технологий) выглядит более реалистичной среди тех, которые были рассмотрены в данном исследовании. Кроме того, преимущество данной модели заключается в том, что авторы в своем исследовании приводят доказательство ее применимости к международному рынку нефти, что является важным фактором для данного исследования.

Для упрощения модели мы вводим предположение о том, что нефть является недифференцированным продуктом. В связи с этим в данной модели не будут учитываться характеристики различных сортов нефти, а также отличные цены и спрос на них. Соответственно, мы вводим предположение о том, что полученная функция спроса будет идентична для всех стран.

### 2.3 Расчет равновесия на современном рынке нефти

В предыдущем параграфе для дальнейшего исследования была выбрана функция спроса (2), имеющая общий вид (1). Несмотря на то, что выбранная модель спроса обладает определенными преимуществами, для ее большей правдоподобности мы применяем к данной модели одну корректировку, а именно: в уравнение вводится показатель стоимости альтернативного источника энергии  $E$ , на который потребителям будет выгодно перейти при значительном повышении цены на нефть. Таким образом мы определяем уровень, до которого цена на нефть может повышаться.

Таким образом, выбранная функция спроса (2) не что иное как функция следующего вида:

$$P = \frac{b}{Q + \frac{1}{E}} \quad (12)$$

Тогда построим модель мирового рынка нефти с использованием полученной функции спроса по Курно. Пусть на рынке действует  $n$  стран, которые производят однородный продукт (нефть) с предельными издержками  $c_i$  и нулевыми фиксированными издержками. Тогда каждая страна  $i$  получает прибыль  $\pi_i$ , которая приобретает следующий вид:

$$\pi_i = TR - TC = q_i \left( \frac{b}{Q + \frac{1}{E}} - c_i \right) \rightarrow \max \quad (13)$$

где  $q_i$  – объем выпуска  $i$ -той страны. В таком случае условием максимизации прибыли первого порядка (FOC) будет:

$$\frac{b}{Q+\frac{1}{E}} - c_i + q_i \left( \frac{-b}{(Q+\frac{1}{E})^2} \right) = 0 \quad (14)$$

$$\frac{b}{Q+\frac{1}{E}} - c_i \left( Q + \frac{1}{E} \right)^2 + q_i(-b) = 0$$

Пусть  $Q = Q_{-i} + q_i$ , тогда

$$\frac{b}{(Q_{-i} + q_i + \frac{1}{E})} = c_i \left( Q_{-i} + q_i + \frac{1}{E} \right)^2 + b q_i$$

$$b \left( Q_{-i} - q_i + \frac{1}{E} \right) = c_i \left( Q_{-i} + \frac{1}{E} \right)^2 \quad (15)$$

Таким образом, мы получили систему из  $n$  уравнений с  $n$  неизвестными:

$$q_i = -\frac{c_i \left( Q + \frac{1}{E} \right)^2}{b} + \left( Q + \frac{1}{E} \right), \forall i \quad (16)$$

На основе данной системы уравнений получаем квадратное уравнение следующего вида:

$$Q = Qn + \frac{n}{E} - \frac{1}{b} \left( Q + \frac{1}{E} \right)^2 \sum c_i \quad (17)$$

Решение данного уравнения выглядит следующим образом:

$$Q = b \sqrt{\frac{\frac{4}{b} \sum c_i + (n-1)^2 - \frac{2 \sum c_i}{bE} - 1 + n}{2 \sum c_i}} \quad (18)$$

Подставив данное равенство в систему уравнений (16), можно найти равновесные по Нэшу объемы производства нефти для каждой страны. Аналитическая запись решения опущена в силу ее громоздкости. Далее необходимо проверить условие второго порядка (SOC):

$$\frac{-2b}{\left( Q + \frac{1}{E} \right)^2} + q_i \frac{b^2 \left( Q + \frac{1}{E} \right)}{\left( Q + \frac{1}{E} \right)^4} < 0 \quad (19)$$

Данное условие легко проверить.

Найденное решение позволяет определить объем экспортируемой нефти, который позволил бы достичь равновесия по Курно–Нэшу на рынке нефти. Количественное решение полученных уравнений представлено в Главе 3.

#### 2.4 Модель сговора об ограничении нефтедобычи в современных условиях

Далее необходимо построить модель сговора об ограничении нефтедобычи в современных условиях, сложившихся на мировом рынке нефти. В данной части для простоты построения модели мы предполагаем, что страны сговариваются уменьшить объем производства нефти пропорционально. Таким образом, введем обозначение коэффициента  $k$ , одинакового для всех стран, принимающее значение от нуля до единицы, такое, что  $k \cdot q_i^*$  – квоты на производство нефти для  $i$ -той страны, где  $q_i^*$  – объем производства для  $i$ -той страны в условиях отсутствия сговора.

В данном параграфе рассмотрим два случая: в первом случае все участники международного рынка нефти вступают в сговор; во втором случае лишь отдельные страны вступают в сговор.

В первом случае все игроки максимизируют свою прибыль. Таким образом, общая прибыль сговорившихся стран (согласно условию, в данном случае в сговор вступают все страны-участники) представлена следующим образом:

$$\pi_{cartel} = kQ^* \frac{b}{kQ^* + \frac{1}{E}} - k \sum c_i q_i \rightarrow \max, \quad (20)$$

где  $Q^*$  – общий выпуск всех стран, а  $q_i^*$  – выпуск  $i$ -той страны, находящейся в сговоре. Далее необходимо проверить выполнение условия первого порядка:

$$FOC: \frac{Q^* \left( kQ^* + \frac{1}{E} \right) - Q^* k Q^* b}{\left( kQ^* + \frac{1}{E} \right)^2} - \sum c_i q_i^* = 0 \quad (21)$$

$$\frac{Q^*b(kQ^* + \frac{1}{E} - Q^*k)}{(kQ^* + \frac{1}{E})^2} = \sum c_i q_i^*$$

$$\frac{Q^*b}{E(kQ^* + \frac{1}{E})^2} = \sum c_i q_i^*$$

$$k = \frac{\sqrt{\frac{Q^*b}{E \sum c_i q_i^*} - \frac{1}{E}}}{Q^*} \quad (22)$$

Эмпирическая оценка данного коэффициента представлена в Главе III. Что касается условия второго порядка (SOC), его легко проверить. Таким образом, мы нашли коэффициент  $k$ , определяющий квоты для каждой страны, участвующей в сговоре.

Второй рассматриваемый случай, как было указано ранее, предполагает наличие сговора, в котором принимают участие лишь некоторые из игроков международного нефтяного рынка. Таким образом, образуется две группы участников: страны, состоящие в картеле, и страны-аутсайдеры. Так как страны, входящие в сговор, открыто объявляют о своих договоренностях, а страны, не входящие в сговор, принимают решение об объеме производства с учетом данной информации, данная ситуация соответствует модели олигополии по Штакельбергу.

На первом шаге страны, входящие в сговор  $S$ , определяют объем производства, информация о котором, согласно условию, доступна всем участникам рынка:

$$k \sum_{i \in S} q_i^* = Q_S \quad (23)$$

На втором шаге страны-аутсайдеры максимизируют свою прибыль. Прибыль стран-аутсайдеров  $\Pi_i$  выглядит следующим образом:

$$\pi_i = q_i \left( \frac{b}{Q_S + Q_{-S} + \frac{1}{E}} - c_i \right) \rightarrow \max \quad (24)$$

Необходимо проверить выполнение условия первого порядка (FOC):

$$\text{FOC: } \frac{b}{Q_S + Q_{-S} + \frac{1}{E}} - c_i + bq_i \frac{1}{(Q_S + Q_{-S} + \frac{1}{E})^2} = 0 \quad (25)$$

$$\frac{b}{Q + \frac{1}{E}} - c_i = \frac{bq_i}{(Q + \frac{1}{E})^2}$$

$$q_i = \left( Q + \frac{1}{E} \right) - \frac{c_i(Q + \frac{1}{E})^2}{b} \quad (26)$$

В результате получаем квадратное уравнение следующего вида:

$$Q_{-S} = (n - s) \left( Q + \frac{1}{E} \right) - \frac{\sum_{-S} c_i (Q + \frac{1}{E})^2}{b} \quad (27)$$

$$D = (n - s - 1)^2 + \frac{4 \sum_{-S} c_i}{b} \left( \sum_{i \in S} q_i * k + \frac{1}{E} \right), \quad (28)$$

где  $D$  – дискриминант.

Решение данного уравнения выглядит следующим образом:

$$Q_{-S} = b \frac{\sqrt{D} + n - s - 1}{4 \sum c_i} - Q_S - \frac{1}{E} \quad (29)$$

Условие второго порядка легко проверить. Равновесный уровень выпуска стран-аутсайдеров определяется с помощью уравнения (26) на основе решения уравнения (29). Количественное решение представлено в Главе 3.

На третьем шаге страны, входящие в сговор  $S$ , зная функцию реакции стран-аутсайдеров, максимизируют собственную прибыль:

$$\pi_S = k \sum_{i \in S} q_i^* \left( \frac{4 \sum_{-S} c_i}{\sqrt{D} + n - s - 1} - k \sum_{i \in S} c_i q_i^* \right) \rightarrow \max \quad (30)$$

Условие первого порядка будет выполняться в следующем случае:

$$\text{FOC: } \frac{4 \sum_{i \in -S} c_i}{\sqrt{D} + n - s - 1} - k \sum_{i \in S} c_i q_i^* + k \left( \frac{(4 \sum_{i \in -S} c_i)^2 \sum_S q_i^*}{(\sqrt{D} + n - s - 1)^2 b 2 \sqrt{D}} - \sum_{i \in S} c_i q_i^* \right) = 0 \quad (31)$$

Уравнение (31) является полиномом пятой степени от  $k$ . Поскольку, в связи с его громоздкостью, здесь не приводится его выражение в явном виде,

количественное решение данного уравнения будет приведено в Главе 3. Условие второго порядка легко проверить.

Таким образом, с помощью выбранной функции спроса в данной главе было произведено моделирование сговора об ограничении нефтедобычи в современных условиях для двух случаев: при котором в сговор вступают все игроки (соответствует модели Курно), и при котором одна часть игроков вступает в сговор, а другая выступает в роли аутсайдеров (соответствует модели Штакельберга). Количественные решения приведенных уравнений представлены в Главе 3.

## Глава 3. Эмпирический анализ современного рынка нефти

### 3.1 Функция спроса на мировом рынке нефти

Как было указано в предыдущей главе, функция спроса на нефть, выбранная для данного исследования (2), выглядит следующим образом:

$$Q_t = \frac{\varphi \mu_t}{P_t^{a_1} P_{t-1}^{a_2} \dots P_{t-k+1}^{a_k}} POP e^{-ae^{\beta GDP} P P c t}$$

Для того, чтобы количественно решить данное уравнение функции спроса, необходимо определить показатели, которые в нем используются. Как было указано ранее, одним из них является цена на нефть в определенный момент времени  $P_t$ . В таком случае  $P_{t-1}$  будет соответствовать цене на нефть за 2015 г. Таким образом,  $P_t = 40,68$  дол. США за бар.  $P_{t-1} = 49,49$  дол. США за бар.<sup>47</sup>

Что касается положительных констант  $a$  и  $\beta$ , в данном исследовании будет принято допущение о том, что они равны 0,000090909 и 0,001 соответственно, а показатель  $k$ , отражающий количество периодов, в рамках которых мы рассматриваем рынок, будет равняться 1 в связи с высокой волатильностью рынка. Ненаблюдаемая переменная  $\mu_t$ , отвечающая за отклонение спроса от равновесного, также будет равняться 1. Кроме того, показатель POP, отражающий население мира, согласно источнику World Bank, составляет 7 347 млн человек.<sup>48</sup>

Что касается показателя  $E$ , как было указано в предыдущей главе, он выражает цену на альтернативный вид энергоресурса, на который потребитель предпочтет перейти при слишком высоких ценах на нефть. Поскольку достижение цены на нефть исторического максимума в 147 дол. США за бар.

<sup>47</sup> Statista. Average annual OPEC crude oil price from 1960 to 2017. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statista.com/statistics/262858/change-in-opec-crude-oil-prices-since-1960/>

<sup>48</sup> World Bank. Population, total. [Электронный ресурс]. –URL: <http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?end=2015&start=2013> (дата обращения: 13.03.2017)

не повлекло за собой переход на альтернативный энергоноситель, а также в связи с тем, что подобный переход вызвал бы значительные издержки, пусть  $E = 300$  дол. США. за бар.

Что касается фактора развития нефтесберегающих технологий, упомянутого в Главе II, для упрощения модели мы будем предполагать, он одинаков во всем мире, т.е. технологические факторы совпадают для всех стран:

$$\varphi_{ti} = \varphi_{tj}, \forall i \neq j$$

где  $i$  и  $j$  – разные страны. Более того, так как  $\varphi$  является ненаблюдаемой переменной, а уровень использования альтернативных источников энергии в мире не является значительным, мы будем предполагать, что  $\varphi = 1$ .

Кроме того, для решения уравнения исследуемой функции спроса требуется выражение среднего уровня ВВП на душу населения в мире, которое, в соответствии с информацией, представленной Международным Валютным Фондом, соответствует 10 112,329 дол. США.<sup>49</sup>

Что касается количества игроков, учитываемых при расчете равновесия на нефтяном рынке ( $n$ ), в модели будет рассмотрена ситуация, при которой оно соответствует 28. В этот состав вошли 13 государств-участников ОПЕК (Саудовская Аравия, Кувейт, Катар, Объединённые Арабские Эмираты, Ирак, Иран, Венесуэла, Эквадор, Ливия, Габон, Алжир, Нигерия, Ангола), а также 11 стран, не входящих в ОПЕК, но принявших участие в соглашении в Вене о сокращении добычи (Азербайджан, Бахрейн, Бруней, Экваториальная Гвинея, Казахстан, Малайзия, Мексика, Оман, Россия, Республика Судан и Республика Южный Судан.). Кроме того, США как экспортер сланцевой и не сланцевой нефти рассматривается как два игрока, а страны, не присоединившиеся к соглашению, рассматриваются как один игрок.

---

<sup>49</sup> International Monetary Fund [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2016/02/> (дата обращения: 3.02.2017)

### 3.2 Себестоимость добычи нефти в современных условиях

Для расчета равновесия на современном нефтяном рынке необходимо использование показателей себестоимости добычи сырой нефти. Для определения необходимого показателя использовались различные новостные источники, ресурсы со статистическими данными<sup>50</sup> и расчеты автора. Таким образом, воспользовавшись указанными ресурсами, получаем определенное распределение себестоимости по различным странам-нефтедобытчикам за 2016 г., представленное в Таблице 2.

Таблица 2 - Себестоимость добычи нефти в разных странах в 2016 г.  
(в долларах США за баррель)

Игроки	$c_i$	Игроки	$c_i$
Южный Судан	42	Ливия	21
Азербайджан	20	Малайзия	40
Алжир	18	Мексика	23
Ангола	31	Нигерия	29
Бахрейн	15	ОАЭ	11
Боливия	6	Оман	15
Бруней	50	Россия	19
Венесуэла	28	Саудовская Аравия	9
Габон	38	Судан	13
Ирак	11	США (не сланцевая)	21
Иран	9	США (сланцевая)	23
Казахстан	16	Эквадор	20
Катар	15	Экваториальная Гвинея	39
Кувейт	7	Другие страны	30

<sup>50</sup> Для получения информации по издержкам добычи сырой нефти в различных странах для данного исследования были использованы следующие информационные электронные ресурсы: новостные ресурсы Business news Intellinews (URL: <http://www.intellinews.com/average-production-cost-of-azerbaijani-oil-20-a-barrel-socar-says-89313/> (дата обращения: 14.03.2017)), ССИ France Bahrein FCCIB (URL: <http://www.fccib.net/single-news/n/bahrain-succeeds-in-slashing-cost-of-oil-production/> (дата обращения: 14.03.2017)), НТВ Новости (URL: <http://www.ntv.ru/novosti/1427756/> (дата обращения: 15.03.2017)), Radio Tamazuj (URL: <https://radiotamazuj.org/en/article/s-sudans-oil-revenue-only-about-10barrel> (дата обращения: 14.03.2017)), а также информационные ресурсы, содержащие статистические данные, Palantir Solutions (URL: <http://www.palantirsolutions.com/the-breakeven-price-of-crude-oil-in-southeast-asia/> (дата обращения: 16.03.2017)), Кноема (URL: <https://knoema.com/vyronoe/cost-of-oil-production-by-country> (дата обращения: 15.03.2017)), Smart-Lab (URL: <http://smart-lab.ru/blog/387589.php> (дата обращения: 14.03.2017)) и The Global Economy (URL: [http://www.theglobaleconomy.com/Sudan/Oil\\_revenue/](http://www.theglobaleconomy.com/Sudan/Oil_revenue/) (дата обращения: 14.03.2017)).

### 3.3 Равновесие на современном рынке нефти

Следующим шагом в данной части работы, посвященной эмпирическому исследованию, является расчет равновесия на международном рынке нефти. Для начала необходимо найти  $b$ , который можно выразить из уравнения (12), соответствующего уравнению (2). Так,  $b$  можно выразить следующим образом:

$$b = \varphi \mu_t P O P e^{-a e^{\beta G D P p c t}}$$

Используя полученные количественные показатели, можно вычислить, что  $b = 781\,795\,748,45$ . С помощью  $b$  возможно рассчитать оптимальный уровень экспорта нефти для каждой страны, который позволил бы достичь равновесного состояния на международном нефтяном рынке. Для этого необходимо использовать решение уравнения (18) в системе уравнений (16) с данными, полученными ранее в Главе 3. В результате расчетов удается установить, что  $Q = 34\,188\,698,11$  тыс. бар. в год; равновесный объем экспорта для каждой страны  $q_i$ , согласно исследуемой модели представлен в Таблице 3.

Таблица 3 - Равновесные объемы экспорта для всех игроков  
(в тысячах баррелей в год)

Игроки	$q_i$	Игроки	$q_i$
Южный Судан	-28 605 730	Ливия	3 492 261
Азербайджан	4 286 589	Малайзия	- 25 011 574
Алжир	7 877 466	Мексика	- 722 014
Ангола	-11 469 028	Нигерия	- 9 154 409
Бахрейн	11 762 116	ОАЭ	18 324 573
Боливия	25 089 914	Оман	11 762 116
Бруней	-40 488 769	Россия	5 467 723
Венесуэла	- 7 106 114	Саудовская Аравия	20 762 651
Габон	-22 372 519	Судан	14 154 285
Ирак	18 385 434	США (не сланцевая)	2 806 435
Иран	20 613 141	США (сланцевая)	- 722 014
Казахстан	10 267 011	Эквадор	4 286 589
Катар	11 762 116	Экваториальная Гвинея	- 23 602 111
Кувейт	23 225 685	Другие страны	- 10 883 124

Таким образом, результаты эмпирического исследования рассматриваемой модели иллюстрируют сложившуюся на современном нефтяном рынке ситуацию (до вступления в стовор): условия, создаваемые равновесием по Нэшу, не позволяют достичь оптимального объема добычи сырой нефти для всех игроков рынка. Полученные результаты демонстрируют, что в существующих условиях для достижения равновесного объема экспорта некоторым игрокам выгоднее покинуть рынок (страны с  $q_i < 0$ ). К таким странам относятся экспортеры с более высокими издержками на добычу нефти, чем у других игроков.

Данная модель обладает определенными недостатками. Основным недостатком, который приводит к нереалистичным показателям в отношении некоторых стран, связан с тем, что модель не учитывает ограничения неотрицательности и ограничения на объемы добычи сырой нефти. Кроме неучтенных ограничений апробация модели нуждается в недоступных более точных данных по затратам. Также, возможно, причиной неточности модели является то, что выбранная для данного исследования функция спроса недостаточно корректно отражает реальный спрос на рынке нефти. Однако, поскольку в рамках данной работы не предполагалось построение функции спроса на нефть, этот факт можно рассматривать в качестве аргумента для расширения данного исследования.

Для получения более реалистичных результатов, используем выбранную модель, добавив ограничения на объемы добычи сырой нефти в исходную математическую постановку. Для этого примем допущение о том, что оптимальный объем добычи  $q_i$  для каждой страны не может превышать реальный более, чем на 10% с учетом их технологических возможностей выработки нефти, а также он должен быть неотрицательным.

Результаты расчетов оптимального объема выпуска для всех игроков в модели с описанными выше ограничениями представлены в Таблице 4.

Таблица 4 - Оптимальные объемы добычи для игроков в модели с ограничениями (в тысячах баррелей в год)

Игроки	$q_i^*$	Игроки	$q_i^*$
Другие страны	0,96	Ливия	173 448,00
Азербайджан	337 661,50	Малайзия	278 239,50
Алжир	636 779,00	Мексика	1 039 082,00
Ангола	733 139,00	Нигерия	944 328,00
Бахрейн	20 075,00	ОАЭ	1 566 653,00
Боливия	20 275,75	Оман	382 228,00
Бруней	50 990,50	Россия	4 408 470,00
Венесуэла	1 054 339,00	Саудовская Аравия	4 823 621,00
Габон	93 549,50	Судан	42 157,50
Ирак	1 618 446,50	США (не сланцевая)	2 805 360,80
Иран	1 573 880,00	США (сланцевая)	2 295 295,20
Казахстан	670 103,50	Эквадор	218 014,50
Катар	762 047,00	Экваториальная Гвинея	116 033,50
Кувейт	1 243 044,00	Южный Судан	59 422,00

Данная модель с ограничениями показывает, что в ситуации равновесия по Нэшу всем участникам нефтяного рынка кроме игрока Другие страны необходимо добывать нефть в максимальных объемах, позволяемых производственными мощностями каждой страны (в рассматриваемом случае за пороговое значение принято 110% от настоящих объемов добычи). Что касается Других стран, согласно используемой модели, данному участнику необходимо снизить уровень своей добычи до минимума в связи с относительно высоким уровнем издержек. Данный результат наглядно объясняет стремление стран-нефтеэкспортеров к постоянному наращиванию объемов добычи нефти, которое наблюдается в последние годы.

Следующий рассматриваемый случай, предполагающий вступление всех игроков в сговор об установлении квот на добычу сырой нефти, выражен в уравнениях (21) и (22). Используя указанные формулы, а также упомянутые ранее статистические данные и информацию по объемам добываемой нефти в 2015 г.<sup>51</sup> (Таблица 5), получаем  $k \approx 0,000\ 010\ 716$ . Данное значение параметра

<sup>51</sup> Вр Global. Вр Statistical Review of World Energy. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (дата обращения: 10.03.2017)

k говорит о том, что странам выгодно снизить добычу нефти примерно в  $10^5$  раз в случае полного сговора.

Таблица 5 - Объемы добычи нефти в разных странах в 2015 г.  
(в тысячах баррелей в год)

Игроки	$q_i^*$	Игроки	$q_i^*$
Южный Судан	54 020	Ливия	157 680
Азербайджан	306 965	Малайзия	252 945
Алжир	578 890	Мексика	944 620
Ангола	666 490	Нигерия	858 480
Бахрейн	18 250	ОАЭ	1 424 230
Боливия	18 433	Оман	347 480
Бруней	46 355	Россия	4 007 700
Венесуэла	958 490	Саудовская Аравия	4 385 110
Габон	85 045	Судан	38 325
Ирак	1 471 315	США (не сланцевая)	2 550 328
Иран	1 430 800	США (сланцевая)	2 086 632
Казахстан	609 185	Эквадор	198 195
Катар	692 770	Экваториальная Гвинея	105 485
Кувейт	1 130 040	Другие страны	8 035 293

Таким образом, с помощью построения теоретико-игровой модели, на основе выбранной функции спроса и статистических данных, рассматривая ситуацию, в которой все игроки нефтяного рынка вступают в сговор, удалось рассчитать уровень квот, который позволит достичь Парето-эффективности на международном нефтяном рынке.

Следующий рассматриваемый случай – ситуация, при которой в сговор вступает лишь часть игроков (а именно, 27 игроков, что и произошло в действительности), выражен в уравнении (28). Рассчитанный по данной формуле показатель уровня квот на добычу нефти в данном случае  $k \approx 0,002164$ . То есть, в случае неполного объединения в сговоре между крупнейшими странами-экспортерами им выгодно уменьшить свои объемы добычи нефти примерно в 500 раз. Данные значения параметра k в обоих случаях оправдывают квоты, установленные в действительности в гораздо меньших ограничениях.

Таким образом, в заключительной главе данного исследования при помощи выбранной функции спроса удалось найти оптимальный объем добычи нефти среди основных игроков нефтяного рынка, который позволил бы его участникам достичь Парето-эффективности. Поскольку изначально разработанная модель проявила некоторые недостатки, вторым шагом в рассмотрении данного случая было применение ограничений в отношении объемов добычи сырой нефти для используемой модели. Полученные при расчетах с использованием данной модели результаты позволяют сделать вывод о том, что в сложившейся ситуации равновесия по Нэшу всем игрокам кроме одного (Другие страны) выгодно производить максимально возможный уровень добычи (при условии, что максимум производственных возможностей каждой страны не превышает 110% от настоящего объема добычи).

Кроме того, в данной части исследования удалось рассчитать уровень квот на добычу нефти, который также привел бы к Парето-эффективному распределению прибыли на международном нефтяном рынке в нескольких случаях. В первом случае рассматривается ситуация, при которой все игроки принимают решение о вступлении в сговор. Второй случай предполагает, что в сговор вступает лишь часть участников, в то время как оставшиеся игроки выступают в роли аутсайдеров.

## Заключение

Как известно, цены на нефть являются одним из основных показателей мировой экономики. Влияние их изменения на экономику может проявляться в перераспределении финансовых потоков, изменении торгового баланса, а также обменного курса. В связи с глобальным масштабом воздействия состояния нефтяного рынка на мировую экономику, важность исследования в этой области видится очевидной. Так как бюджеты стран, имеющих ресурсно-ориентированную экономику, подвержены «ресурсному проклятию» и планируются по сценарному типу, очевидно, что исследования в этой области являются в настоящее время крайне актуальными.

Для более полного понимания феномена современного международного рынка нефти в данном исследовании необходимо было обратиться к историческим предпосылкам, указывающим на путь его формирования с момента зарождения широкомасштабной нефтяной промышленности до его настоящего состояния. Среди основных факторов, определивших форму, которую нефтяной рынок приобрел к началу XXI века, можно выделить следующие исторические события: открытие месторождения в Пенсильвании в 1859 г., нефтяной бум на Бакинском месторождении 1880-х-1890-х гг., появление и распространение автомобилей, открытие нефтяных месторождений в Иране и Саудовской Аравии, Вторая Мировая война, нефтяной шок 1980-х гг., создание ОПЕК, распад СССР, «сланцевая революция» в США, экономический кризис 2008 г., - эти и другие значительные события мировой истории задали ориентиры ходу развития международного нефтяного рынка. Стоит отметить, что в связи с изменением обстоятельств, складывающихся в зависимости от указанных факторов, постоянно изменялось распределение сил между странами-участницами рынка энергоресурсов.

Однако в процессе развития нефтяного рынка менялось не только взаимоотношение между его основными участниками, но и роль самой нефти:

если изначально она рассматривалась исключительно как товар, то постепенно утрачивая эти первичные характеристики, приобрела качества финансовых спекулятивных инструментов, трансформируя таким образом и структуру самого рынка нефти. Так, нефтяной рынок постепенно приобрел инструменты рынка финансовых деривативов и утратил свои первоначальные характеристики.

Что касается описания современного рынка нефти, одним из ключевых вопросов является определение факторов, влияющих на процесс ценообразования. Как было обнаружено в ходе теоретического исследования, существует несколько точек зрения относительно этой проблемы: в то время как одни авторы выказывают приверженность общеизвестной теории о зависимости цены от объема добываемой в мире нефти и называют в числе прочих различные общеэкономические, политические, метеорологические и технические факторы, другие, напротив, высказывают мнение о том, что подобная структура уже давно не соответствует реальному функционированию рынка энергоресурсов, и утверждают, что сегодня процесс ценообразования оторван от реальной нефти, и все большую роль начинают играть не-нефтяные игроки и финансовые инвесторы, обладающие деривативами на данный энергоноситель.

Кроме того, дополнило теоретическую составляющую данного исследования представление взаимоотношения игроков современного международного нефтяного рынка в виде теоретико-игровой модели, так называемой «дилеммы заключенного», которая позволила рассмотреть изучаемый рынок как поле взаимодействия двух игроков, обладающих определенным набором стратегий (увеличивать или сокращать добычу сырой нефти), в зависимости от использования которых игроки получают различные выигрыши (различную прибыль). В ходе анализа данной игры были определены доминирующие стратегии агентов, а также равновесие по Нэшу и равновесие по Парето, которое наглядно иллюстрирует сложившуюся в настоящее время ситуацию, при которой участники ОПЕК и одиннадцать

стран, не являющихся членами данной организации, на заседании ОПЕК 30 ноября 2016 г. приняли решение о вступлении в сговор с целью принять меры по урегулированию цен на нефть посредством установления квот на добычу сырой нефти.

Таким образом, теоретическая часть исследования, осуществленная в Главе 1, дает общее представление о структуре современного нефтяного рынка, а также о взаимодействии его участников, изменении в распределении сил между ними на протяжении его функционирования, о технических характеристиках и о роли самой нефти на рынке энергоресурсов.

В ходе выполнения задач, обозначенных для практической части данного исследования, было рассмотрено несколько работ современных авторов, обратившихся в своих статьях к моделям олигополистической конкуренции по Курно и Штакельбергу. Целью проведенного анализа было подтверждение достаточной актуальности данных моделей для использования в настоящем исследовании.

Кроме того, в Главе 2 была выполнена задача выбора функции спроса, необходимой для нахождения равновесия на нефтяном рынке. Для этого было рассмотрено несколько работ, посвященных изучению данного вопроса, авторы которых предлагают различные функции спроса. Сделав выбор в пользу функции, наиболее применимой в отношении современного рынка нефти, и скорректировав ее посредством дополнения не учтенным авторами показателем, необходимо было с помощью нее представить уравнение для нахождения прибыли каждой страны-участника нефтяного рынка.

В заключительной части Главы 2 была рассмотрена модель сговора об ограничении добычи нефти, а также различные варианты группировок игроков, согласившихся на участие в этом сговоре. Так, в данном параграфе были предложены два случая (в первом все участники международного рынка нефти вступают в сговор; во втором в сговор вступают лишь отдельные страны), и рассмотрены уравнения, позволяющие рассчитать прибыль для

каждой страны в обоих случаях. Полученные уравнения были использованы в Главе 3 для нахождения равновесия с учетом реальных показателей.

Что касается последней части данного исследования, посвященной эмпирическому анализу, в ней были выполнены следующие задачи: было произведено аналитическое решение функции спроса, представленной ранее, были проанализированы данные по расчету себестоимости добычи нефти в разных странах, необходимые для вычисления равновесия, а также был произведен расчет равновесия на рынке нефти с учетом реальных количественных показателей.

В результате расчетов с использованием построенной модели с применением ограничений был найден оптимальный уровень добычи для всех игроков в условиях отсутствия сговора. Кроме того, был рассчитан уровень квот на добычу сырой нефти, который позволил бы достичь игрокам Парето-эффективности в случаях, когда все страны-экспортеры вступают в сговор, и когда в сговор вступает лишь часть участников нефтяного рынка. В результате проделанного анализа гипотеза исследования была подтверждена.

Дальнейшее исследование в этой области может включать в себя применение альтернативной функции спроса, которая более точно отражала бы реальный спрос на рынке нефти, рассмотрение других кооперативных моделей для анализа взаимодействия участников рынка, а также использование уточненных данных в отношении издержек, которые несут экспортеры в процессе добычи и реализации энергоносителя.

### Список использованной литературы

1. Алгазина Г.И., Алгазин Ю.Г. Моделирование поведения экономических агентов в системе "производитель-посредник-конкурентный рынок" // Управление большими системами: сборник трудов, №32, 2011
2. Брагинский О.Б. Цены на нефть: история, прогноз, влияние на экономику // Российский химический журнал, 52 (6). 2008
3. Басс А.Я., Разомасова Е.А. Парадигма экономического равновесия на рынке потребительских услуг крупного города // Идеи и идеалы, Т. 2, №1. 2014
4. Бобылев Ю.Н., Дробышевский С.М., Приходько С.В., Тагор С.В. Факторы формирования цен на нефть. М.: ИЭПП, 2006
5. Бушуев В.В., Конопляник А.А., Миркин Я.М. и др. Цены на нефть: анализ, тенденции, прогноз. М.: ИД «Энергия», 2013
6. Василевич Т.А. Роль договора к энергетической хартии в системе обеспечения международной энергетической безопасности // Актуальные проблемы Российского права, № 3, 2008
7. Гельман В.Я. Венесуэла и Мексика: нефть, авторитаризм и популизм // Нефть, газ, модернизация общества. Под ред. Н.А. Добронравина, О.Л. Маргания. СПб.: Экономическая школа ГУ-ВШЭ, 2008
8. Даушвили Г.Д., Исаев Г.Г. Проблемы и стимулы развития энергетики Северной Африки и Ближнего Востока: Иран, Саудовская Аравия // Нефть, газ, модернизация общества. Под ред. Н.А. Добронравина, О.Л. Маргания. СПб.: Экономическая школа ГУ-ВШЭ, 2008
9. Капусткин В.И., Маргания О.Л. Основные этапы развития международной нефтяной промышленности и мирового рынка нефти. СПб.: «Экономическая школа» ГУ ВШЭ, 2008
10. Конопляник А.А. Американская сланцевая революция: последствия необратимы // ЭКО, №5, 2014

11. Конопляник А.А. О ценах на нефть и нефтяных деривативах // Экономические стратегии, №2, 2009
12. Конопляник А.А. Эволюция ценообразования на газ в континентальной Европе: Часть 3. Формулы привязки в рамках долгосрочных контрактов и (или?) конкуренция «газ-газ» на рынке разовых сделок // Газовый бизнес, 2009
13. Леффер Л.У. Переработка нефти. М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2009
14. Раевская Н.В. Совершенствование организационных структур российских нефтяных компаний // Нефть, газ и бизнес, №1, 2013
15. Столяров А.И. Генезис малого предпринимательства в Российской нефтяной отрасли // Региональная экономика: теория и практика, №29. 2011
16. Хлопов О.А. Причины и последствия снижения цены на нефть: интересы США и Саудовской Аравии // Власть, № 3, 2015
17. Чаплыгин В.Г. Устойчивость и равновесие, кооперация и координация в глобальном пространстве: Дж. Нэш versus Г. Штакельберг // Известия Томского Политехнического университета, Т.307. №2. 2004
18. Al-Yousef Nourah Abdul Rahman. Modeling and Forecasting the demand for Crude Oil in Asian Countries. 25th USAEE/ IAEE North American Conference September, 2005
19. Barnes A., Briggs N. The Caspian Oil Reserves. The political and environmental implications of "Black Gold" in the world market. EDGE, 2003
20. Cramton P.C., Palfrey T.R. Cartel Enforcement with Uncertainty About Costs, International Economic Review, Vol. 31(1). 1990
21. Konyukhovskiy P.V. Application of Stochastic Cooperative Games in Investment Projects Evaluation // Vestnik of St. Petersburg University. Part 5 «Economics» (4). 2012

22. Konyukhovskiy P.V., Malova A.S. Stochastic cooperative games application to the analysis of economic agent's interaction // Contributions to Game Theory and Management. Vol. 8. 2015
23. Krichene N.A Simultaneous Equations Model for World Crude Oil and Natural Gas Markets. IMF Working Paper, No. 05/32. 2005
24. Lin C.C.-Y. Estimating Supply and Demand in the World Oil Market. The Journal of Energy and Development, Vol. 34(1,2). 2009
25. Государственный стандарт Российской Федерации. Нефть // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс], - URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51858-2002> (дата обращения: 20.01.2017)
26. Карпов В.П. Нефть и газ в промышленной политике СССР (России) // Вестник нижевартовского государственного университета, №4, 2010. С.7. [Электронный ресурс]. – URL:<file:///C:/Users/%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81/Downloads/nft-i-gaz-v-promyshlennoy-politike-sssr-rossii.pdf> (дата обращения: 5.01.2017)
27. НТВ Новости. В Боливии впервые за 23 года обнаружили новое месторождение нефти. [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.ntv.ru/novosti/1427756/> (дата обращения:15.03.2017)
28. Bp Global. Energy Charting Tool [Электронный ресурс]. –URL: [http://tools.bp.com/energy-charting-tool.aspx?\\_ga=2.150964926.906217322.1495036766-295610539.1495036734#/st/oil/dt/production/unit/KBD/region/NOA/SCA/EU/MIE/AFR/AP/view/area/](http://tools.bp.com/energy-charting-tool.aspx?_ga=2.150964926.906217322.1495036766-295610539.1495036734#/st/oil/dt/production/unit/KBD/region/NOA/SCA/EU/MIE/AFR/AP/view/area/) (дата обращения: 15.02.2017)
29. Business news Intellinews. Average production cost of Azerbaijani oil \$20 a barrel. [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.intellinews.com/average-production-cost-of-azerbaijani-oil-20-a-barrel-socar-says-89313/> (дата обращения: 14.03.2017)

30. CCI France Bahrein FCCIB. Bahrain succeeds in slashing cost of oil production [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.fccib.net/single-news/n/bahrain-succeeds-in-slashing-cost-of-oil-production/> (дата обращения: 14.03.2017)
31. Country Meters. United States of America (USA) Population clock [Электронный ресурс]. - URL: [http://countrymeters.info/en/united\\_states\\_of\\_america\\_usa](http://countrymeters.info/en/united_states_of_america_usa) (дата обращения: 6.03.2017)
32. Economic Research at Federal Reserve Bank of St. Louis. Crude Oil Prices: West Texas Intermediate (WTI) [Электронный ресурс]. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/DCOILWTICO> (дата обращения: 7.11.2016)
33. International Energy Agency. Oil Market Report [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.iea.org/oilmarketreport/tables/> (дата обращения: 15.02.2017)
34. International Monetary Fund. World Economic Outlook October 2016 [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2016/02/> (дата обращения: 3.02.2017)
35. Knoema. World Oil and Gas Production [Электронный ресурс]. - URL: <https://knoema.com/?origin=knoema.ru> (дата обращения: 23.03.2017)
36. National Association of Securities Dealers Automated Quotation. Ethanol Market [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.nasdaq.com/markets/ethanol.aspx?timeframe=1y> (дата обращения: 3.02.2017)
37. Organization of the Petroleum Exporting Countries. Our Mission [Электронный ресурс], - URL: [http://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/23.htm](http://www.opec.org/opec_web/en/about_us/23.htm) (дата обращения: 14.02.2017)

38. Palantir Solutions. The Breakeven Price of Crude Oil in Southeast Asia [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.palantirsolutions.com/the-breakeven-price-of-crude-oil-in-southeast-asia/> (дата обращения: 19.03.2017)
39. Radio Tamazuj. Sudan's Oil Revenue [Электронный ресурс]. - URL: <https://radiotamazuj.org/en/article/s-sudans-oil-revenue-only-about-10barrel> (дата обращения: 14.03.2017)
40. Rystad Energy. Oil and Gas Knowledge House [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rystadenergy.com/> (дата обращения: 3.02.2017)
41. Smart-Lab. Алмазная труба или Статистика знает всё 20.03.2017 [Электронный ресурс]. - URL: <http://smart-lab.ru/blog/387589.php> (дата обращения: 22.03.2017)
42. The Global Economy. Sudan: Revenue minus production cost of oil, percent of GDP [Электронный ресурс]. - URL: [http://www.theglobaleconomy.com/Sudan/Oil\\_revenue/](http://www.theglobaleconomy.com/Sudan/Oil_revenue/) (дата обращения: 19.03.2017)
43. The Shift Project Data Portal. TOP 20 Producer [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tsp-data-portal.org/TOP-20-Producer#tspQvChart> (дата обращения: 15.02.2017)
44. The Statistic Portal. Average Monthly OPEC Basket Crude Oil Price from March 2016 to March 2017 (in U.S. dollars per barrel) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statista.com/statistics/277914/monthly-average-prices-of-the-opec-crude-oil-basket/> (дата обращения: 17.02.2017)
45. The Wall Street Journal. Oil Barrel Breakdown. [Электронный ресурс]. – URL: <http://graphics.wsj.com/oil-barrel-breakdown/> (дата обращения: 19.02.2017)

## Приложения

Объемы добычи нефти среди основных экспортеров с 1900 по 2014 гг.

