

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АКТИВНЫХ ПРОГНОЗОВ НА РЫНКИ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ЕВРОПЕЙСКОГО РЫНКА ГАЗА

М.Ю. Шевыренко

Рассмотрена проблематика оценки влияния активных прогнозов на энергетические рынки. Представлена имитационная игровая рефлексивная модель, описывающая поведение производителей на рынке природного газа. С помощью регрессионного анализа исследовано влияние значений различных прогнозных параметров на поведение игроков на энергетическом рынке.

Ключевые слова: энергетика, прогнозирование, методы и модели прогнозирования, информационное управление.

ВВЕДЕНИЕ

Энергетические прогнозы уже долгие годы находятся в центре внимания многих исследователей по всему миру, однако, несмотря на бурный рост количества таких прогнозов, они довольно редко подвергаются конструктивной критике. Подобное положение сложилось в силу ряда причин, одна из которых — отсутствие должного уровня транспарентности публикуемого прогноза, при этом бывает крайне затруднительно выявить исходные посылы его авторов. Другая причина — активность прогнозов, т. е. их способность влиять на объект прогнозирования после широкой огласки. Хорошим примером такого прогноза служит доклад «Пределы роста» [1], который пророчил довольно мрачное будущее мировой энергетике, что в сочетании с последовавшим нефтяным кризисом привело к радикальной перестройке мировых энергетических рынков.

Тем не менее, проблема влияния прогнозов на поведение рыночных игроков в энергетическом секторе экономики в средне- и долгосрочной перспективе исследована относительно слабо. Как правило, исследования, затрагивающие влияние активных прогнозов на компании в каком-либо секторе экономики, направлены на краткосрочную перспективу, т. е., по сути, на исследование изменения поведения их биржевых котировок в результате публикации прогноза (см., например, статью [2]). Хотя в подобных работах исследуются

в основном краткосрочные тренды, в ряде случаев в них рассматриваются явления, имеющие долгосрочную природу. Например, в статье [3] показано, что на российском фондовом рынке акции компаний, раскрывающих о себе информацию, гораздо более волатильны, чем акции «закрытых» компаний. Поскольку основные энергетические компании России публичные, это увеличивает риски инвестирования в их ценные бумаги. Таким образом, в долгосрочной перспективе публичные компании более уязвимы для разовых биржевых шоков.

В данной работе автор продолжает исследования влияния активных прогнозов на рыночных игроков, начатые в работах Д.А. Новикова и А.Г. Чхартишвили, например, в книге [4], применительно к рынку энергоресурсов в среднесрочной перспективе.

1. ПОДХОД К СОЗДАНИЮ МОДЕЛИ

Оценка влияния активных прогнозов на какие-либо рынки вообще представляет собой достаточно сложную задачу, поскольку подчас крайне затруднительно выявить механизмы влияния подобных прогнозов на рынок и игроков, на чьи решения подобные прогнозы оказали значительное воздействие. Энергетические рынки, а особенно рынки сырья, в этом смысле выглядят достаточно привлекательно. В силу своей специфики они испытывают существенное влияние прогнозов, поскольку, опираясь в значительной степени

именно на них, инвесторы и трейдеры принимают свои решения и таким образом воздействуют на рыночные тренды.

Цель данной работы заключается в выявлении механизмов влияния активных прогнозов на рынки энергоресурсов и их применении для информационного управления рынками. Рассмотрим для примера европейский рынок газа. Данный выбор обусловлен рядом причин.

- Конкуренция за долю в европейском энергобалансе между природным газом и возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) обостряется, поскольку уже в начале 2000-х гг. ведущие энергетические компании заложили в свои стратегии инвестиции в низкоуглеродные технологии [5]. И, несмотря на посредственные текущие показатели рентабельности ВИЭ, решения об увеличении их доли в энергобалансе принимались и принимаются под сильным влиянием прогнозов [6]. Таким образом, активные прогнозы косвенно сказались на объемах спроса на газ в Европе.
- Рост экспорта сжиженного природного газа (СПГ) из США в Европу отчасти обуславливается весомыми вложениями европейских и азиатских инвесторов в американские заводы по производству СПГ [7], осуществленными под влиянием прогнозов высоких цен на газ в Европе. Следовательно, ценовые прогнозы также оказали влияние на объем и структуру предложения на европейском рынке газа.
- Значительные объемы поставок природного газа в Европу осуществляются по фьючерсным контрактам, которые весьма чувствительны к краткосрочным квартальным и месячным прогнозам газовых и нефтяных цен, а также к прогнозам объема запасов газа в хранилищах.
- Ряд событий, произошедших в последнее время, например, авария в Баумгартене [8], позволяют примерно оценить степень влияния ожиданий трейдеров на ценовую конъюнктуру в Европе.

Далее исследуется влияние активных прогнозов и информационного управления на рынки энергоресурсов на примере возможной конкурентной борьбы между американскими производителями сжиженного природного газа (СПГ) и «Газпромом» на рынке Европы. В данном случае рассматривается гипотетическая, но весьма вероятная [9] ситуация, в которой экспорт американского СПГ в Европу рентабелен.

Для исследования механизмов влияния информационного управления на характер конкуренции между указанными игроками была построена рефлексивная теоретико-игровая модель, описывающая взаимодействие этих двух рыночных игроков

и Центра¹, влияющего на их действия посредством информационного управления².

2. ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Описываемая модель, назовем ее моделью INCOME 1 (Information Control Model), базируется на классической модели Штакельберга [10], но имеет ряд существенных отличий. Первое и основное отличие заключается в том, что модель INCOME 1 отображает ситуацию, в которой на рассматриваемом рынке есть не только две компании-игрока, производящие однородный продукт и продающие его на этом и только этом рынке, но и третий игрок — Центр, который пытается при помощи информационного управления повлиять на объемы выпуска компаний. При этом изначальные объемы выпуска компаний значительно отличаются: у одной из них — Лидера («Газпром»), она примерно в два раза выше, чем у второй — Последователя (американских компаний). Поясним, почему мы базируемся на модели Штакельберга. Для этого вначале рассмотрим некоторые ее ключевые особенности.

Как известно, главной особенностью модели Штакельберга является наличие лидирующей фирмы, или Лидера, который первым из игроков определяет свой объем выпуска товаров, а прочие игроки (Последователи) ориентируются в своих расчетах на объем выпуска Лидера. Также в этой модели, как, впрочем, и во многих других теоретических моделях, предполагается, что рассматриваемые компании производят однородный товар и поэтому их клиенты при выборе поставщика ориентируются лишь на цену товара.

Теперь рассмотрим ситуацию с рыночными игроками на газовом рынке.

Прежде всего, «Газпром» имеет мощные позиции на рассматриваемом рынке и работает на нем достаточно давно и, к тому же, обладает значительно большими текущими объемами выпуска, чем американские компании. Кроме того, американские компании только выходят на европейский рынок и по ряду причин вынуждены ориентироваться на явного лидера рынка, у которого, в отличие от них, уже давно сложились партнерские отношения во многих странах Европы. При этом

¹ Понятие «Центр» употребляется в трактовке теории рефлексивных игр [4].

² Не вызывает сомнений, что полноценная модель европейского газового рынка должна включать в себя значительно больше игроков, например, Катар или Норвегию, но в данном случае нас интересует именно аспект информационного управления, поэтому мы рассматриваем несколько упрощенную модель данного рынка.



для американского СПГ Европа пока не основной рынок, а азиатские рынки до последнего времени выглядели весьма привлекательно [11].

Таким образом, на рынке складывается ситуация, в которой явно присутствует Лидер — «Газпром» и Последователи — американские компании, например, «Chepierce», поэтому применение модели Штакельберга в качестве основы для построения модели конкуренции выглядит вполне целесообразным. Отметим, что модель INCOME 1 создана на основе модели Штакельберга, скорректированной с учетом двух важных допущений.

- Последователь конкурирует только с Лидером на рассматриваемом рынке, а Лидер конкурирует только с Последователем. В данном случае предполагается, что в силу политических причин американские компании и «Газпром» не будут конкурировать с другими игроками на рынке, например, с норвежскими или алжирскими компаниями.
- Предполагается, что спрос на газ в Европе будет расти. В данном случае автор основывается на предположении ряда исследователей [12], что доля угля в энергобалансе Европы будет снижаться в силу экологических и правовых причин, а возобновляемая энергетика не сможет достаточно быстро заместить выпадающую долю угля, и это приведет к росту спроса на газ.

Принимая во внимание график ввода в эксплуатацию новых заводов по сжижению природного газа в США и соответствующее увеличение объема американского экспорта, в данной модели нельзя ограничить представление производителей СПГ на рынке Европы одной лишь компанией «Chepierce», которая является практически единственным значимым игроком на рынке в данный момент. Тем не менее, ряд инициатив американского правительства (см., например, сообщение [13]), позволяет сделать вывод о том, что для поставок в Европу американские компании будут согласовывать свои действия. Поэтому в качестве игрока — Последователя — в данной модели будет выступать объединение всех американских игроков — экспортеров СПГ (назовем его Картелем экспортеров СПГ). В данном случае ввод одного игрока, объединяющего в себе всех американских производителей СПГ, вполне оправдан, поскольку в настоящий момент для выхода на европейский рынок американским экспортерам необходимо действовать скоординированно в силу нескольких причин.

- Для экспорта СПГ из США в Европу необходимы масштабные инвестиции в регазификационные терминалы и газораспределительные сети, которые целесообразно осуществлять при наличии достаточно большого объема СПГ, отправляемого на экспорт. Учитывая, что в насто-

ящий момент большая часть американских производителей СПГ владеет всего 1—2 заводами, а строительство новых пока является достаточно долгим и дорогостоящим процессом, для формирования на рынке высокого объема предложения целесообразнее объединить усилия, а не ввязываться в ценовую войну.

- Практически все заводы по производству СПГ сконцентрированы в одном регионе, построены примерно в одно и то же время и имеют близкие размеры и мощности, следовательно, они вполне могут иметь сопоставимые затраты на покупку и транспортировку природного газа до завода, затраты на сжижение газа и затраты на его транспортировку морем до европейских портов.
- Сложившаяся на данный момент специфическая структура торговли американским СПГ, когда сжижаемый газ перекупается у производителя неким международным трейдером, который и принимает решение о его ввозе в какую-либо страну, в ближайшем будущем может существенно измениться. Американские компании-производители СПГ ведут активную экспансию на свои рынки сбыта, строя там терминалы по регазификации СПГ. Также власти США ведут активную политику по продвижению американского СПГ в Европу [14]. Отметим, что в отличие от большинства случаев лоббирования, таким образом продвигаются интересы не одной компании, а целой отрасли или неформального картеля компаний.

Предполагается, что на протяжении всего моделируемого периода лидером рынка остается «Газпром», а Картель экспортеров СПГ будет проводить относительно осторожную политику и придерживаться позиции Последователя. Это связано с тем, что, как минимум, до 2024 г. американские компании будут иметь достаточно высокую долговую нагрузку, что вынуждает их проводить осторожную рыночную политику.

Отметим также, что в рассматриваемой модели оба игрока имеют единственный рынок сбыта — европейский. Допустим, что каждый ход в игре длится примерно один квартал. Предположим, что каждому игроку перед началом своего хода Центр сообщает значения параметров, взаимосвязанных таким образом³: $P_n(Q_n) = a_n - b_n Q_n$, где P_n — прогнозная цена газа в данный ход, \$/млн м³, a_n —

³ Взаимосвязь между ценой на природный газ и объемом его предложения представляет значительный интерес, особенно в текущий момент трансформации газовых рынков, и требует отдельного исследования. В данном случае мы исходим из предположения об их линейной взаимосвязи.

максимальная цена, по которой самый богатый покупатель может купить газ в данный ход у рассматриваемых двух игроков, b_n — коэффициент, характеризующий зависимость изменения цены от изменения объема предложения в данный ход⁴, Q_n — прогнозный совокупный объем предложения Лидера и Последователя в данный ход, а n — номер хода, $n \in \{1, \dots, N\}$.

Отметим, что игроки каждый новый ход пересчитывают параметры a_n и b_n в зависимости от новых значений P_n и Q_n . При этом значения прогнозного объема предложения Q_n для каждого хода задаются функцией $Q'(n) = Q_{n-1} K_{rs} K_{seas}$, где Q_{n-1} — значение функции Q в предыдущем периоде, K_{rs} — коэффициент, характеризующий долгосрочный рост производства газа, а K_{seas} — коэффициент, характеризующий сезонные колебания объема предложения, связанные с увеличением или снижением спроса, при этом $n \geq 1$. Для $n = 0$ $Q'(n_0) = 70\,000$ млн. м³.

Значения цены P_n для каждого хода задаются функцией $P_n = P_{n-1} K_{qc} K_{infeu}$, где P_{n-1} — значение функции P_n в предыдущем периоде, K_{qc} — коэффициент, характеризующий сезонные изменения цен на газ, а K_{infeu} — коэффициент, характеризующий квартальную инфляцию в Европе, при этом $n \geq 1$. Для $n = 0$ $P_{n0} = 304\,000$ \$/млн м³.

Исходя из особенностей производства и транспортировки трубного природного газа и СПГ «Газпромом» и Картелем экспортеров СПГ, эти игроки применяют разные бизнес-схемы [15] и имеют разные функции затрат на единицу продукции (удельных затрат).

Предположим, что функция удельных затрат «Газпрома» имеет вид $C_1(n) = (C_{1ext} + C_{1tran}) K_{infrus}$, $n \in \{1, \dots, N\}$, где C_{1ext} — затраты на добычу природного газа, C_{1tran} — затраты на транспортировку природного газа до границы ЕС, а K_{infrus} — коэффициент, характеризующий квартальную инфляцию в РФ. В данной модели предполагается, что на протяжении рассматриваемого периода налоговая система РФ и, в частности, налогообложение добычи и экспорта полезных ископаемых не изменится, поэтому доля данных налогов и пошлин включена в стоимость добычи природного газа и остается относительно стабильной. Ясно, что фор-

⁴ При этом коэффициент b_n высчитывается каждым игроком на основе предоставляемого Центром значения ценовой эластичности \hat{e}_n , которое является общим знанием.

мула упрощенная и в дальнейшем необходимо учитывать хотя бы налоговый компонент затрат.

Рассмотрим функцию удельных затрат Картеля экспортеров СПГ $C_2(n) = (C_{2raw} + (C_{2liq} K_{eff}) + C_{2tran}) K_{infrus} + (C_{2regas} K_{infeu})$, $n \in \{1, \dots, N\}$, где C_{2raw} — затраты на покупку трубного природного газа, C_{2liq} — затраты на сжижение и погрузку природного газа в танкер, C_{2tran} — затраты на транспортировку, C_{2regas} — затраты на регазификацию, K_{infrus} — коэффициент, характеризующий квартальную инфляцию в США, K_{eff} — коэффициент, характеризующий снижение затрат на сжижение в связи с техническим прогрессом, а K_{infeu} — коэффициент, характеризующий квартальную инфляцию в ЕС. Отметим, что цена на трубный газ в США имеет достаточно ярко выраженную сезонную волатильность. Поэтому в данной модели предполагается, что Картель экспортеров СПГ пытается минимизировать свои затраты на покупку трубного газа за счет фьючерсных контрактов, заключая соответствующие сделки с целью сгладить сезонный рост цен на газ.

Отдельно отметим, что построенная модель — рефлексивная. В рассматриваемых нами случаях игроки знают прогнозную цену на газ P_n , прогнозные объемы предложения Q_n и прогнозное значение удельных затрат конкурента UC_{in} на данный ход. Также игроки знают, кто Лидер, а кто Последователь, и думают, что они играют в игру Штакельберга, знают ее правила, и при этом предполагают, что конкурент знает их истинные затраты, однако не знают, что Центр передает другому игроку прогноз удельных затрат конкурента. Но им неизвестны удельные затраты и, соответственно, прогнозные объемы выпуска конкурента. Поэтому представления, например Лидера, относительно затрат игрока 2 в этот ход задаются функцией $RepA_1 C_{2n}(n, Q_n, UC_{2n}, P_n)$, где $RepA_1 C_{2n}$ — представление игрока 1 (Лидера) о затратах игрока 2 (Последователя) в ход n , где n — номер хода, Q_n — прогнозный совокупный объем предложения Лидера и Последователя в данный ход, UC_{2n} — значение удельных затрат конкурента, передающееся Центром игроку 1, а P_n — прогнозная цена на продукт. Аналогичным образом задаются представления для Последователя.

При этом каждый i -й игрок максимизирует свою прибыль, и ее значение можно рассчитать как функцию $Prof_n = Peq_n SupQ_n - UC_{in} SupQ_n$, где $Prof_n$ — его прибыль в момент n , $SupQ_n$ — предполагаемый равновесный выпуск i -го игрока в момент n , Peq_n — предполагаемая равновесная цена в



момент n , а UC_{in} — удельные издержки i -го игрока в момент n , при этом $i \in \{1, 2\}$.

Таким образом, в начале каждого хода Лидер и Последователь одновременно получают от Центра прогнозную информацию о состоянии рынка в этом году (значения P_n , Q_n и $RepA_iC_{jn}$). Затем они также одновременно рассчитывают значения a_n и b_n и, зная свои собственные издержки и целевые функции друг друга, максимизируют свои целевые функции, исходя из сформированных на основании данных Центра представлений о прогнозных затратах и объеме выпуска конкурента. При этом оба игрока в своих расчетах предполагают, что их конкуренту известны истинные значения их затрат. После того, как оба игрока определяют свои объемы выпуска и произведут соответствующее количество товара, на рынке сложится некоторая цена, которая становится известна обоим игрокам. Затем для каждого следующего хода указанный алгоритм повторяется. В данном случае принципиально важно, что игрок максимизирует свою прибыль в каждый ход, а не на протяжении всей игры.

С помощью данной модели были проведены несколько итераций, каждая длилась 12 ходов, т. е. прогнозный период составлял 12 кварталов. В данной серии экспериментов значения параметра UC_{1n} , характеризующего представления Последователя об удельных затратах Лидера, и параметра UC_{2n} , характеризующего представления Лидера об удельных затратах Последователя, задавались случайным образом, чтобы симитировать переменчивые оценки прогнозистов относительно будущего рынка. Предполагается, что эти случайные величины имеют дискретное равномерное распределение. Выбор данного вида распределения обосновывается тем, что, с одной стороны, мы мало знаем, чем руководствуются прогнозисты в своих рассуждениях, поэтому для нас озвучивание прогнозистом любой оценки, взятой из некоего интервала, равновероятно. С другой стороны, анализ экспертных оценок на реальном рынке показывает, что, невзирая на невозможность точного предсказания значения, которое озвучит прогнозист, мы можем с большой долей уверенности говорить о том, что оно попадет в определенный относительно небольшой интервал. В данном случае достаточно вспомнить оценки себестоимости производства и доставки в Европу американского СПГ, которые для одного и того же периода колебались в диапазоне 7–9 \$/МБТЕ (долларов США за миллион британских термических единиц), при этом оценки, не принадлежащие этому интервалу, в экспертном сообществе практически не встречались.

Так как данная модель, пусть и весьма приблизительно, но имитирует изменение поведения рыночных игроков в зависимости от различных прогнозных значений параметров рынка, полученные результаты имитационного моделирования были взяты за основу для анализа влияния прогнозов на поведение рыночных игроков.

Поскольку одним из ключевых выходных параметров модели служит объем выпуска, он был проанализирован с помощью инструментов регрессионного анализа для выявления прогнозных параметров, оказывающих на него наибольшее влияние.

3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В модели INCOME 1 на показатель реального суммарного объема выпуска обоих игроков $ReaQ_n$ оказывают влияние четыре параметра. В данном случае нас интересуют прогнозные значения, на которые ориентируются игроки при принятии решений:

- прогнозная цена P_n ;
- прогнозные удельные затраты Лидера UC_{1n} ;
- прогнозные удельные затраты Последователя UC_{2n} ;
- прогноз суммарного объема выпуска Q_n .

Определим уровень влияния данных параметров (объясняющих переменных) на объемы выпуска рассматриваемых игроков. Для этого воспользуемся инструментарием множественного регрессионного анализа.

Поскольку множественный регрессионный анализ применяется, когда зависимая переменная, в нашем случае суммарный объем выпуска Лидера и Последователя, связана более чем с одной независимой переменной, можно воспользоваться методом наименьших квадратов и линейной моделью множественной регрессии:

$$ReaQ_n = \beta_0 + \beta_1 P_n + \beta_2 UC_{1n} + \beta_3 UC_{2n} + \beta_4 Q_n + \varepsilon, \quad (1)$$

где β_0 — свободный член и определяет значение Q в случае, когда оставшиеся объясняющие переменные равны нулю,

$$\beta_1 = \frac{\partial ReaQ_n}{\partial P_n}, \quad \beta_2 = \frac{\partial ReaQ_n}{\partial UC_{1n}},$$

$$\beta_3 = \frac{\partial ReaQ_n}{\partial UC_{2n}}, \quad \beta_4 = \frac{\partial ReaQ_n}{\partial Q_n},$$

где ε — случайная ошибка регрессионной зависимости.

Поскольку коэффициенты β_j и свободный член β_0 — неизвестные константы, то вместо теоретического уравнения регрессии (1) необходимо оценить эмпирическое уравнение регрессии, которое можно представить в виде:

$$\text{Rea } Q'_n = \beta'_0 + \beta'_1 P_n + \beta'_2 UC_{1n} + \beta'_3 UC_{2n} + \beta'_4 Q_n + \varepsilon'$$

где $\text{Rea } Q'_n$ — приближенное к $\text{Rea } Q_n$ значение зависимой переменной, полученное при помощи уравнения регрессии, $\beta'_0, \beta'_1, \beta'_2, \beta'_3, \beta'_4$ — эмпирические коэффициенты регрессии, а ε' — значение фактической ошибки. Тогда расчетное выражение будет иметь вид:

$$\text{Rea } Q'_n = \beta'_0 + \beta'_1 P_n + \beta'_2 UC_{1n} + \beta'_3 UC_{2n} + \beta'_4 Q_n.$$

Рассмотрим n экспериментов, где $n = 12$, с различными значениями объясняющих переменных и соответствующими им значениями зависимой переменной. Отметим, что число экспериментов значительно превосходит число определяемых по нему параметров и что между объясняющими переменными отсутствует строгая линейная зависимость. Методом Гаусса вычислим значения коэффициентов β'_j : $\beta'_1 = 0,13$, $\beta'_2 = 0,67$, $\beta'_3 = 0,09$, $\beta'_4 = -0,22$.

Для данной регрессии коэффициент детерминации $R^2 = 0,97$, поскольку значение критерия Фишера для рассматриваемой серии из 12 экспериментов равно 67,89, при этом p -значение = 0,000011, что существенно меньше 0,05. Это говорит о том, что объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и модель статистически значима.

Для того чтобы определить относительную статистическую значимость каждого фактора, а, следовательно, и его важность для информационного управления, вычислим t -критерий Стьюдента для всех коэффициентов регрессии β'_j при уровне значимости 0,05: $t_{\beta'_j} = \beta'_j / m_{\beta'_j}$, где $t_{\beta'_j}$ — значение критерия Стьюдента для коэффициента β'_j , а $m_{\beta'_j}$ — стандартное отклонение оценки данного коэффициента. Сравнение полученных значений с соответствующими значениями из таблицы критических значений t -критерия для заданного числа наблюдений и уровня значимости показали, что все применяемые в модели параметры, кроме параметра UC_{2n} , по модулю больше табличного значения и, следовательно, являются статистически значимыми. Учитывая, что p -значение для пара-

метра UC_{2n} больше 0,05, его можно исключить из модели. Тогда новая модель примет вид:

$$\text{Rea } Q'_n = \beta'_0 + \beta'_1 P_n + \beta'_2 UC_{1n} + \beta'_4 Q_n.$$

Для рассматриваемой регрессии коэффициент детерминации $R^2 = 0,97$, поскольку значение критерия Фишера для рассматриваемой серии из 12-ти экспериментов равно 101,25, при этом p -значение = 0,0000011, что существенно меньше 0,05. Это говорит о том, что объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и новая модель также является значимой.

Рассмотрим значения t -критерия для параметров данной модели⁵: $t_{\beta'_1} = 9,43$, $t_{\beta'_2} = 7$, $t_{\beta'_4} = -2,9$.

Отметим, что если мы начнем исключать данные статистически значимые факторы из регрессии, то R^2 будет уменьшаться. Если после удаления одного из таких факторов значение R^2 сильно уменьшится, то это говорит о том, что статистическая значимость этого фактора весьма велика. Уменьшение значения критерия Фишера для статистической значимости всей регрессии связано с уменьшением R^2 . Поэтому можно утверждать, что удаление фактора, вызывающее наибольшее уменьшение R^2 , приводит к наибольшему уменьшению значения критерия Фишера для данной регрессии. Это, в свою очередь, говорит о наибольшей статистической значимости данного фактора для данной регрессии.

Таким образом, если мы удалим из регрессионной модели фактор с наибольшим по модулю значением $t_{\beta'_j}$, это приведет к наибольшему уменьшению R^2 по сравнению с удалением из модели любого другого фактора. Так как $|t_{\beta'_4}| < |t_{\beta'_2}| < |t_{\beta'_1}|$, можно отметить, что исключение объясняющего фактора P_n оказывает наибольшее влияние на изменение статистической значимости модели.

Полученные коэффициенты объясняющих переменных (β'_j) удовлетворяют неравенству: $|\beta'_1| < |\beta'_4| < |\beta'_2|$. Это говорит о том, что прогнозная информация о затратах Лидера, сообщенная Последователю, оказывает большее влияние на объем выпуска, чем информация о прогнозной цене или прогнозном объеме предложения.

Отметим, что такие выводы основаны на результатах имитационного моделирования, поскольку

⁵ Низкое значение t -критерия для коэффициента β'_4 дает основание для исключения его из модели, но поскольку соответствующий p -критерий меньше 0,05 и полученная при удалении параметра Q_n модель показывает снижение коэффициента детерминации, автор оставил его в модели.

Результаты регрессионного анализа имитационного моделирования

Регрессионная статистика					
Множественный R		0,987086403			
R^2		0,974339567			
Нормированный R^2		0,964716905			
Стандартная ошибка		1880,946956			
Число наблюдений		12			
Дисперсионный анализ					
Наименование показателя	Степень свободы df	Сумма квадратов отклонений SS	Дисперсия MS	Критерий Фишера F	Значимость F
Регрессия	3	1 074 705 430	358 235 143,4	101,254679	0,0000011
Остаток	8	28 303 691,61	3 537 961,451	—	—
Итого	11	1 103 009 122	—	—	—
Наименование показателя	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t -статистика	P -значение	Нижняя граница доверительного интервала (95 %)
Y -пересечение	-18 114,77668	5 788,693309	-3,129337782	0,014029311	-31463,52739
Переменная P_n	0,134052566	0,01421395	9,431056727	$1,31215 \cdot 10^{-5}$	0,101275139
Переменная UCI_n	0,613170157	0,087551344	7,003549298	0,00011224	0,411276395
Переменная Q_n	-0,223744053	0,076985813	-2,906302388	0,019700432	-0,401273656

ку на момент выполнения данной работы многие контракты о поставках американского СПГ на рынок Европы только начали действовать. Тем не менее, на некоторых рынках европейских стран СПГ уже присутствует в достаточном количестве. Анализ зависимости между фактическим объемом предложения на рынке газа и прогнозными значениями выпуска, цен и издержек конкурирующих поставщиков газа на примере Испании за 11 лет показал наличие взаимосвязи между изменением реального объема предложения газа на испанском рынке, прогнозной ценой газа, прогнозными объемами предложения и прогнозными затратами Лидера на этом рынке ($R^2 = 0,92$, p -значение = 0,0002). Это показывает, что в стране с высокой долей импорта СПГ весьма вероятно значительное влияние прогнозов на газовый рынок.

4. ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ РАЗРАБОТОК

Тематика оценки влияния прогнозов на поведение игроков на газовом рынке представляет значительный интерес, и ее актуальность только возрастает из-за того, что в настоящее время ввиду увеличения объема производства СПГ и удешевления процесса сжижения и транспортировки газа из нескольких региональных рынков формируется глобальный рынок газа. Это снижает актуальность существующих моделей локальных региональных рынков и, к тому же, приводит к увеличению сте-

пени неопределенности относительно будущего газовой отрасли. Поэтому представления игроков о будущем рынка, сформированные под влиянием прогнозов, будут играть значительную роль при принятии управленческих и особенно инвестиционных решений относительно будущих проектов. Для описания данного процесса перспективными представляются следующие направления усовершенствования модели INCOME 1.

- Расширение области охвата модели — включение в нее, помимо европейского, азиатского и латиноамериканского рынков. Это позволит смоделировать поведение Картеля экспортеров СПГ в условиях наличия альтернативных рынков сбыта.
- Расширение списка агентов-производителей. Ввод дополнительных игроков позволит избавиться от ряда условностей, имеющихся в модели, и симулировать процесс принятия решений в условиях взаимодействия более чем двух игроков, как это обычно и происходит на реальном рынке.
- Улучшение детализации функций затрат игроков. Вполне очевидно, что в государствах, подверженных «ресурсному проклятию», налоговый компонент оказывает значительное влияние на затраты компаний [16]. Поэтому целесообразно включить данный компонент в функции затрат соответствующих игроков.
- Введение нового типа агентов-«непроизводителей»: консультантов и инвесторов. История

компании «Cheniere», производящей СПГ в США [11], показала, насколько сильно целеустремленная группа инвесторов может изменить расклад на газовом рынке за относительно небольшой срок. Распределение инвестиций между конкурирующими на глобальном рынке компаниями оказывает значительное влияние не только на принятие управленческих решений, но и на прогнозы, которые выпускают консультанты. Ввод консультантов призван сгладить текущую ситуацию на рынке, когда имеется достаточно широкое многообразие прогнозов, с которыми отчасти придется конкурировать прогнозам, выпускаемым Центром.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построена упрощенная имитационная игровая рефлексивная модель INCOME 1, описывающая поведение производителей на рынке природного газа Европы. Исследование влияния значений различных прогнозных параметров на поведение игроков на энергетическом рынке, проведенное по результатам имитационного моделирования, показало:

- в рыночных условиях, близких к дуополии Штакельберга, прогноз затрат Лидера рынка оказывает наибольшее влияние на изменение объема суммарного выпуска игроков из всех прогнозных параметров;
- следующим по уровню влияния на суммарный объем выпуска показателем является прогноз объема суммарного выпуска игроков;
- несмотря на распространенное мнение о наибольшей важности ценового фактора при прогнозировании, в рассматриваемой модели данный показатель меньше всего влияет на суммарный объем выпуска игроков;
- тестирование модели на фактических данных по газовому рынку Испании (крупного импортера СПГ) показало, что информация о затратах Лидера, прогноз объемов рынка и прогноз рыночных цен в значительной степени объясняют изменения объема предложения на рынке газа Испании. Также в результате данного анализа был выявлен факт существенного ослабления взаимосвязи между ценами на нефть и изменениями объема испанского рынка газа после 2008 г.

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать предварительный вывод о том, что Последователь более чувствителен к информационному управлению, поскольку информация о затратах его конкурента хорошо коррелирует с динамикой объемов выпуска Последователя. Информационное управление посредством

влияния на прогнозный уровень цен на описанном рынке относительно малоэффективно, а наиболее перспективным в смысле влияния на изменение объема производимой продукции, по мнению автора, представляется информационное управление путем влияния на представления Последователя об уровне затрат Лидера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Meadows D., Meadows D., Randers J., Behrens W. The Limits To Growth; a Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. — N.-Y.: Universe Books, 1972. — 211 p.
2. Погожева А.А. Использование событийного анализа для оценки информационной значимости рекомендаций аналитиков по российским эмитентам // Корпоративные финансы. — 2013. — № 2 (26). — С. 36–50.
3. Чиркова Е.В., Суханова М.С. Влияние прогнозов финансовых результатов публичной компании на рыночную стоимость и волатильность ее акций на российском фондовом рынке // Корпоративные финансы. — 2013. — № 4 (28). — С. 37–52.
4. Новиков Д.А., Чхартушвили А.Г. Активный прогноз. — М.: ИПУ РАН, 2002. — 101 с.
5. Меггс Э.Дж. Долгосрочная стратегия технологического развития компании ВР // Форсайт. — 2008. — № 2. — С. 13–17.
6. Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя. — М.: Академкнига, 2007. — 342 с.
7. Силантьев Ю.Б., Халощина Т.О., Ковалева Е.Д. Кананыхина О.Г. Ресурсный газовый потенциал США // Вести газовой науки. — 2017. — № 3 (31). — С. 247–254.
8. Взрыв в Австрии оставил европейцев без российского газа. — URL: <https://lenta.ru/news/2017/12/12/gazausiano/> (дата обращения: 19.06.2018).
9. Рыков Ю.Г., Шевыренков М.Ю. Американский СПГ: экспансия начинается // Нефтегазовая вертикаль. — 2018. — № 10 (434). — С. 33–39.
10. Stackelberg H. Marktform und Gleichgewicht. — Springer: Wien und Berlin, 1934. — 134 p.
11. Сун Дж. Непотопляемый бизнес // Нефтегазовая вертикаль. — 2018. — № 9. — С. 62–66.
12. The role of natural gas in energy transition. — URL: <http://www.igu.org/sites/default/files/6%20-%20WFES%20Decarbonisation%20160117%20Marcel%20Kramer.pdf> (дата обращения: 03.10.2018).
13. Трамп задействует СПГ как «политический инструмент» против Москвы. — URL: <https://www.rbc.ru/politics/04/07/2017/595ad63d9a7947444dc2b193> (дата обращения: 19.06.2018).
14. Yergin D. The Quest: Energy, Security, and the Remaking of the Modern World. — London: Penguin, 2011. — 832 p.
15. Комлев С., Рассалов И. Спасение для американской СПГ-индустрии // Нефтегазовая вертикаль. — 2018. — № 7.
16. Росс М. Нефтяное проклятие: Как богатые запасы углеводородного сырья задают направление развития государств / пер. с англ. Ю. Каптуревского; под ред. Т. Дробышевской. — М.: Изд-во Института Гайдара, 2015. — 464 с.

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.С. Манделем.

Шевыренков Максим Юрьевич — мл. науч. сотрудник, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, ✉ sheverenkov@mail.ru.

Поступила в редакцию 21.06.18, после доработки 03.10.18.

Принята к публикации 17.10.18.