

# О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ЛИБЕРАЛИЗАЦИИ ГАЗОВЫХ РЫНКОВ НА ДОХОДНОСТЬ ЭКСПОРТА РОССИЙСКОГО ГАЗА В ЕВРОПУ

САВИЦКИЙ Е. В.

кандидат экономических наук

Урюпинск (Россия)

Задача статьи – обоснование целесообразности применения модели диверсификации поставщиков природного газа с учетом рисков прерывания поставок<sup>1</sup> к анализу влияния процессов либерализации рынков газа на доходность экспорта российского газа в Европу.

**1. Модель LOGMAFORE<sup>2</sup>.** Рассматривается рынок природного газа России и Западной Европы в условиях либерализации европейского рынка природного газа, на котором действует небольшое количество основных крупных поставщиков газа и увеличивающееся (пропорционально доле открытости рынка) количество мелких. Рынок мелких поставщиков рассматривается как совершенно конкурентный, а рынок крупных – как рынок монополистической конкуренции. Процесс либерализации состоит в том, чтобы свести монополистический рынок к чисто конкурентному.

Прибыль газовой отрасли РФ от реализации газа на внутреннем и внешних рынках в модели LOGMAFORE описывается уравнением (1):

$$\Pi_1 = (1 - F_1)(c_1 \cdot C_1^g + c_{12} \cdot J_{12}), \quad (1)$$

где  $F_1$  – ставка налога на прибыль (с учетом амортизационных отчислений из прибыли) в РФ;  $C_1^g$  – объем внутреннего потребления газа в России;  $J_{12}$  – объем экспорта газа из РФ в Западную Европу;  $c_1$  – цена российского газа на внутреннем рынке. Экспортная цена газа из России в Европу в равновесном состоянии рынка в целом меньше уровня цен на оптовом рынке Западной Европы на стоимость транспортных расходов с учетом налога на прибыль оператора газовой сети (2):

$$c_2 = (1 + F_2)(c_{12} + c_{2r}^0 \cdot L_2), \quad (2)$$

где  $F_2$  – ставка налога на прибыль (с учетом амортизационных отчислений из прибыли) в среднем по Западной Европе;  $c_{2r}^0$  – стоимость строительства 1 км газопровода в среднем по Западной Европе;  $L_2$  – средняя протяженность газопроводов в Западной Европе. Средневзвешенная цена оптовых продаж складывается из среднего значения двух цен:  $c_2^f$  – цены от продажи объема газа на свободном рынке и относительно стабильной (монопольной) цены  $c_2^s$ . Считая, что объем продаж на открытом рынке пропорционален степени открытости рынка  $l_m$ , получаем:

$$c_2 = l_m c_2^f + (1 - l_m) c_2^s. \quad (3)$$

Монопольная цена меняется в соответствии с детерминистической нелинейной моделью третьей степени, учитывающей разность между спросом и предложением (4):

$$\frac{dc_2^s}{dt} = \begin{cases} a(D_2 - S_2), D_2 - S_2 < 0; \\ \tilde{a}(D_2 - S_2) + \tilde{b}(D_2 - S_2)^3, D_2 - S_2 \geq 0, \end{cases} \quad (4)$$

где  $a, \tilde{a}, \tilde{b}$  – соответствующие коэффициенты эластичности спроса и предложения по цене;  $D$  и  $S$  – спрос на газ и предложение газа в Западной Европе соответственно. Свободная цена меняется в соответствии с другой детерминистической моделью Гибсона – Шварца<sup>3</sup>, так как на открытом рынке появляется отличная от нуля волатильность  $\sigma$ , пропорциональная доле открытости рынка  $l_m$ . Параметр  $\sigma$  является решением самосогласованной системы уравнений, включая (4):

$$\begin{aligned} \sigma(t) c_2(t) &= l_m(t) \left| c_2^f(t) - c_2^s(t) \right|, \\ c_2^f(t) &= c_2^f(0) + \int_0^t (-\delta(\tau) + \sigma(\tau) + r(\tau)) \cdot c_2^f(\tau) d\tau, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\delta$  – фактор удобства (приемлемости) текущей цены;  $r$  – фактор роста интереса к товару.

В модели (5) размерность параметра волатильности есть [1/год]. Изменения во времени коэффициентов ожидания  $\delta$  и  $r$  моделируется системой, аналогичной (4):

$$\begin{aligned} \frac{dr}{dt} &= \begin{cases} u(D_2 - S_2), D_2 - S_2 < 0; \\ \tilde{u}(D_2 - S_2) + \tilde{v}(D_2 - S_2)^3, D_2 - S_2 \geq 0. \end{cases} \\ \frac{d\delta}{dt} &= \begin{cases} \psi(D_2 - S_2), D_2 - S_2 < 0; \\ \tilde{\psi}(D_2 - S_2) + \tilde{\omega}(D_2 - S_2)^3, D_2 - S_2 \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

Коэффициенты в этих формулах подбираются исходя из анализа предыстории изменения цены на рынках Германии и Великобритании, которые можно считать прототипами при описании равновесного рынка со свободной конкуренцией в условиях достаточной самообеспеченности.

Модель LOGMAFORE позволяет рассчитать оптимальную цену российского газа на европейском рынке в зависимости от уровня либерализации европейского

<sup>1</sup> Hoel M., Strom S. Supply security and import diversification of natural gas. Reprint series. № 333. University of Oslo. Department of economics. Oslo. 1987.

<sup>2</sup> Глаголев А. И., Демин С. С., Орлов Ю. Н. Долгосрочное прогнозирование газового рынка: опыт сценарного программирования. – М.: Институт энергодиалог «Восток-Запад», 2003. – 128 с.

<sup>3</sup> Gibson R., Schwartz E. S. (1990). Stochastic Convenience Yield and the Pricing of Oil Contingent Claims//J. of Finance, XLV (3), P. 959 – 976.

рынка, средней оптовой цены на рынке газа Европы, стоимости строительства газопровода и влияния налогового бремени. Используя эту цену, представляется возможным оценить доходность экспорта российского газа в Европу. Однако, как отмечают сами авторы модели, при численной реализации алгоритма входные данные модели, промежуточные расчетные величины определяются с шагом в один год. С течением времени появятся новые данные, так что эта модель не претендует на численную достоверность, а представляет скорее методологический интерес.

**2. Модель LIBEMOD**<sup>4</sup>. В модели LIBEMOD делаются следующие предположения: все рассматриваемые рынки конкурентоспособны; природный газ потребляется во всех рассматриваемых эндогенных странах (странах-импортерах); экзогенные страны – страны-производители энергоресурсов (Алжир, Россия и страны-участники Киотского протокола), в которых существует производство и потребление газа.

Стоимость поставки природного газа каждого внутреннего производителя экзогенных стран и каждого внутреннего потребителя этого ресурса эндогенных стран описывается функцией (7):

$$C_{mj}^F = ac_{mj}y_j^m + \frac{bc_{mj}}{2}y_j^m y_j^m - dc_{mj}K_{mj}^{F^0} \left(1 - \frac{y_j^m}{K_{mj}^{F^0}}\right) \ln\left(1 - \frac{y_j^m}{K_{mj}^{F^0}}\right) - dc_{mj}y_j^m, \quad (7)$$

$$m \in M^N \cup M^X, j \in J^G,$$

где  $ac_{mj}$ ,  $bc_{mj}$ ,  $dc_{mj}$  – подбираемые коэффициенты исходя из данных предыдущих периодов;  $y_j^m$  – объем потребления;  $K_{mj}^{F^0}$  – доступная емкость внутреннего рынка;  $M^N$  и  $M^X$  – наборы эндогенных (стран-импортеров) и экзогенных (стран-экспортеров) стран соответственно;  $J$  – тип энергии ( $J^G$  – природный газ). Естественным является предположение, что объем производимого/потребляемого газа не должен превышать емкость внутреннего газового рынка, тогда согласно этому предположению:

$$y_j^m \leq K_{mj}^{F^0}, m \in M^N, j \in J^G. \quad (8)$$

Потребитель энергоресурсов оперирует рационально, согласно условию максимизации прибыли, таким образом, его прибыль:

$$\Pi_j^m = P_{mj}^Y y_j^m - C_{mj}^F - c_m^L y_j^m, m \in M^N, j \in J^G, \quad (9)$$

где  $P_{mj}^Y$  – цена предложения энергоресурса на внутреннем рынке;  $c_m^L$  – стоимость транспортировки единицы газа от места производства до места потребления. Учитывая условие (8), функция стоимости передачи энергоресурса может быть формализована виде функции Лагранжа:

$$L_j^m = P_{mj}^Y y_j^m - C_{mj}^F - c_m^L y_j^m - \lambda_{mj}^F (y_j^m - K_{mj}^{F^0}), \quad (10)$$

$$m \in M^N, j \in J^G.$$

Необходимым условием максимизации функционала (9) при условии выполнения ограничения (8) является:

$$P_{mj}^Y - ac_{mj} - bc_{mj}y_j^m - dc_{mj} \ln\left(1 - \frac{y_j^m}{K_{mj}^{F^0}}\right) - c_m^L - \lambda_{mj}^F \leq 0, \quad (11)$$

$$y_j^m \geq 0, m \in M^N, j \in J^G$$

$$y_j^m - K_{mj}^{F^0} \leq 0, \lambda_{mj}^F \geq 0, m \in M^N, j \in J^G. \quad (12)$$

В модели предполагается, что поведение экзогенных стран (стран-экспортеров) описывается теми же формулами (7) – (12), но при условии, что емкость внутреннего рынка равна объему всего экспорта в страны-импортеры, а стоимость производства равна нулю. Представляется, что применение данной модели к анализу рынков газа позволяет оценить влияние их либерализации на доходность экспорта российского газа в Европу, однако в модели LIBEMOD нет связи между долями продаж по свободным и регулируемым ценам, модель фактически не учитывает саму либерализацию.

**3. Математическая модель, предложенная в 2004 году С. Я. Чернавским и О. А. Эйсмонтом** для оценки эффективности различных структур рынка природного газа в России.<sup>5</sup>

Рассматривается рынок природного газа России, характеризуемый известной функцией спроса. Все потребности России в природном газе обеспечиваются за счет внутреннего производства. Часть производимого в России газа поставляется на европейский рынок. Кроме российского газа, на европейский рынок поставляется газ из Североморских месторождений, Голландии, Северной Африки. Рассматривается европейский рынок природного газа, на котором: все поставщики природного газа, кроме России, ведут себя конкурентным образом. Украина является монополистом по перекачке российского газа в Европу. Украине известна функция остаточного спроса на российский газ в Европе и она принимает цену предлагаемого ей российского газа  $p_U$  как экзогенно заданную величину. При существующих ценах и уровне потребления природного газа в России рынок находится в равновесии.

Прибыль Украины от транспортировки российского газа в Европу, описывается соотношением (13):

$$\pi_U = p_E(\alpha_U q_E) \cdot \alpha_U q_E - p_U q_E - c_U(q_E) - \bar{c}_U(Q), \quad (13)$$

где  $p_E$  – цена российского газа в Европе;  $q_E$  – объем экспортируемого на европейский рынок российского газа;  $1 - \alpha_U$  – доля потерь газа при транспортировке по территории Украины ( $0 \leq \alpha_U \leq 1$ );  $c_U(q_U)$  – издержки на транспортировку российского газа по территории Украины;  $\bar{c}_U(Q)$  – постоянная составляющая издержек транспортировки;  $Q$  – пропускная способность газопровода ( $q_E \leq Q$ ).

<sup>4</sup> Report from the project «Market Integration» (145732/730), funded by the Norwegian Research Council. Режим доступа [http://www.frisch.uio.no/pdf/arbnot01\\_01.pdf](http://www.frisch.uio.no/pdf/arbnot01_01.pdf)

<sup>5</sup> Чернавский С. Я., Эйсмонт О. А. Анализ повышения эффективности газовой отрасли России / Препринт # BSP/2004/XXXXR.– М.: Российская Экономическая Школа, 2004.– 110 с.

Из условия максимизации прибыли, получаемой Украиной за транспортировку российского газа, следует:

$$p_E(\tilde{q}_E)(1 + 1/\sigma_E) = p_U + c'_U(q_E), \quad (14)$$

где  $\sigma_E$  – ценовая эластичность спроса на российский газ в Европе.

Уравнение (14) определяет функцию спроса на российский газ, поставляемый в Европу, в зависимости от цены, по которой Россия продает этот газ Украине, то есть  $q_E = q_E(p_U)$ .

В модели используется функция спроса на газ в России с постоянной ценовой эластичностью:

$$d_R = a \cdot p_R^\sigma, \quad (15)$$

где  $p_R$  – внутренняя цена российского газа. Значение коэффициента  $a$  выбирается из условия, что при существующих ценах и уровне потребления природного газа в России рынок находится в равновесии.

Обратная функция спроса на российский газ в Европе имеет вид:

$$p_E(\tilde{q}_E) = -2 \cdot 10^{-6} \cdot \tilde{q}_E + 320, \quad (16)$$

где  $\tilde{q}_E$  – количество потребляемого в Европе российского газа.

В модели свободного конкурентного рынка газа компания, транспортирующая российский газ через территорию Украины, покупает его непосредственно на внутреннем российском рынке, то есть по цене  $p_R$ , равной предельным издержкам добычи и транспортировки российского газа с учетом потерь и максимизирует свою прибыль:

$$\pi_E = p_E(\tilde{q}_E) - p_R q_E - c_U(q_E) \rightarrow \max_{q_E}. \quad (17)$$

Данная модель позволяет рассчитать цену российского газа и объем его потребления на европейском рынке. Представляется, что использование этой модели позволяет оценить влияние либерализации (в частности, демополизации экспортных операций) внутреннего рынка газа России на доходность экспорта российского газа в Европу, однако расчет оптимальных цен основывается на предположении максимизации прибыли экономического агента, выполняющего экспортные операции, а не на условии максимизации совокупного потребительского излишка или уровня общественного благосостояния.

**А**нализ показывает, что, не смотря на достоинства отдельно взятой модели, каждая из них обладает и недостатками. Моделирование поведения экономических агентов в этих моделях основано на максимизации прибыли либо продавца, либо потребителя энергоресурса, а не на условии максимизации совокупного потребительского излишка или общественного благосостояния. В представленных моделях не существует возможности учета вероятности прерывания поставок, в то время как надежность газовых поставок в последнее время приобретает большую значимость и, естественно, находит свое отражение в цене поставки энергоресурса.

Либерализация рынков газа, активно протекающая в большинстве стран ЕС, осуществляется путем распределения (диверсификации) общего объема потребления газа между несколькими поставщиками. Предполагается, что диверсификация поставщиков должна способствовать повышению надежности газовых поставок, которая зависит как от вероятности прерывания, так и от доли поставок в общем потреблении энергоресурса в регионе.

Так как расчет оптимальных цен в модели диверсификации поставщиков природного газа с учетом риска прерывания поставок, подробно описанной в предыдущих работах автора<sup>6,7,8,9</sup>, производится с учетом вероятности прерывания поставок и доли этих поставок в совокупном объеме потребления, а задача оптимизации основывается на условии максимизации совокупного ожидаемого потребительского излишка, представляется, что эта модель обладает рядом преимуществ, по сравнению с другими представленными моделями.

**П**рименение модели диверсификации поставщиков природного газа с учетом риска прерывания поставок представляет особый методологический интерес при изучении влияния либерализации европейского и внутреннего российского рынков газа на эффективность экспорта российского газа в Европу как по причине наибольшего удельного веса российского газа в совокупном объеме импорта газа в Европу, так и в связи с высокими рисками потерь газа при его транспортировке по технологическим, политическим и другим причинам. ■

<sup>6</sup> Богачкова Л. Ю., Савицкий Е. В. Моделирование диверсификации цен на европейском газовом рынке и совершенствование стратегии экспорта российского газа // Проблемы управления. – 2007. – № 2. – С. 56 – 60.

<sup>7</sup> Савицкий Е. В. Прогнозирование влияния демополизации внутреннего газового рынка на доходность экспорта российского газа: математическая модель // Экономическое прогнозирование: модели и методы : Материалы III Международной научно-практической конференции, 5 – 6 апреля 2007 г.: в 2 ч. / Под ред. проф. В. В. Давниса. – Воронеж: ВГУ, 2007. – Ч. 1. – С. 111 – 117.

<sup>8</sup> Савицкий Е. В. К вопросу о либерализации российского рынка газа: аргументы, основанные на результатах математического моделирования // Анализ, моделирование и прогнозирование экономических процессов : Материалы I Международной научно-практической Интернет-конференции, 10 декабря 2009 г. – 10 февраля 2010 г. / Под ред. Л. Ю. Богачковой, В. В. Давниса; Волгоград. гос. ун-т, Воронеж. гос. ун-т. – Воронеж : Изд-во ЦНТИ, 2009. – С. 310 – 320.

<sup>9</sup> Савицкий Е. В. К вопросу о демополизации внутреннего газового рынка РФ // Бизнес Информ. – 2011. – № 5(1).