

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ  
(СОКРАЩЕННЫЙ ВАРИАНТ)<sup>1</sup>

А.А. Афанасьев

(Центральный экономико-математический институт РАН)

Тюменская область является основным газодобывающим регионом нашей страны. На ее территории, по данным Росстата, в 2006 г. было добыто 92,6 % российского природного газа. В связи с этим экономико-математическое моделирование и прогнозирование добычи природного газа в Тюменской области представляется на сегодняшний день довольно актуальной задачей.

В экономической науке одним из самых распространенных инструментов экономико-математического моделирования и прогнозирования выпуска того или иного продукта служат аппарат производственных функций и методы математической статистики (эконометрики). Производственная функция отражает зависимость между максимальным выпуском продукции и затратами факторов производства, а также зависимость между самими затратами факторов производства [1].

**Факторы производства.** Для эконометрического исследования производственной функции мы отобрали, как и авторы работ [2; 3], следующие факторы производства, влияющие на добычу природного газа  $G_t$ :

- 1) среднегодовая стоимость основных промышленно-производственных фондов основного вида деятельности (в сопоставимых ценах 1990 г.)  $\bar{\Phi}_t$ , служащих главной материальной базой газодобывающей промышленности;
- 2) накопленная добыча газа с начала промышленной добычи (1963 г.) по год  $t-1$   $G_{1963,t-1}$ , характеризующая меру истощения запасов.

Труд, играющий важную роль в добыче газа, мы не включили в качестве аргумента в производственную функцию по той причине, что ввиду высокой степени автоматизации процесса газодобычи численность промышленно-производственного персонала определяется в значительной мере объемом основных фондов и потребностью в их обслуживании.

**Статистические данные и их обработка.** См. полный вариант статьи в журнале «Газовая промышленность», 2008, № 6, стр. 19-25.

---

<sup>1</sup>Полный вариант статьи см. в журнале «Газовая промышленность», 2008, № 6, стр. 19-25.

**Выбор функций для эконометрического исследования.** Мы будем исследовать несколько видов производственных функций, чтобы потом выбрать из них те, которые наилучшим образом с точки зрения статистических оценок и экономического смысла описывают процесс добычи природного газа в Тюменской области. Для эконометрического исследования были выбраны пять видов функций:

1) линейная

$$G_t = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \bar{\Phi}_{t-1} + \alpha_2 \cdot G_{1963,t-2},$$

2) степенная

$$G_t = e^{\alpha_0} \cdot \bar{\Phi}_{t-1}^{\alpha_1} \cdot G_{1963,t-2}^{\alpha_2},$$

3) степенно-показательная

$$G_t = e^{\alpha_0} \cdot \bar{\Phi}_{t-1}^{\alpha_1 + \alpha_2 \cdot G_{1963,t-2}},$$

4) трансцендентная («кинетическая») [35]

$$G_t = e^{\alpha_0 + \alpha_2 \cdot G_{1963,t-2}} \cdot \bar{\Phi}_{t-1}^{\alpha_1},$$

5) степенно-показательная логарифмическая [2]

$$G_t = e^{\alpha_0} \cdot \bar{\Phi}_{t-1}^{\alpha_1 + \alpha_2 \cdot \ln G_{1963,t-2}},$$

где  $G_t$  – добыча природного газа в году  $t$  (таблица 1),  $\bar{\Phi}_{t-1}$  – среднегодовая стоимость основных промышленно-производственных фондов основного вида деятельности в сопоставимых ценах 1990 г. в году  $t-1$  (таблицы 1 и 2),  $G_{1963,t-2}$  – накопленная добыча природного газа с начала промышленной добычи (1963 г.) по год  $t-2$  (таблица 1).

**Результаты исследования.** Исследование функций проводилось на данных с 1964 г. по 2006 г. методом наименьших квадратов в пакетах Мезозавр (версия 1.2) и Eviews (версия 3.1). В результате оказалось, что из всех исследованных нами производственных функций достаточно адекватно с точки зрения классических критериев эконометрики (т.е. близости  $R^2$  к 1,  $DW$  к 2 и стационарности регрессионных остатков) процесс газодобычи описывают степенно-показательные и трансцендентные функции, построенные на данных из временного промежутка, начинающегося с какого-либо из годов интервала 1984–1989 гг. и кончающегося 2006 г. Из них наилучшим образом с точки зрения классических критериев эконометрики процесс добычи природного газа в Тюменской области описывают следующие производственные функции (см. таблицу 3):

1) по области в целом – трансцендентная производственная функция, построенная на данных временного промежутка 1985–2006 гг.,

2) по дочерним обществам ОАО «Газпром» в Тюменской области – степенно-показательная производственная функция, построенная на данных временного промежутка 1986–2006 гг.

Действительно, во-первых, у этих двух функций величина квадрата коэффициента множественной корреляции  $R^2$ , отражающая степень тесноты статистической связи между результирующей переменной (добычей газа) и объясняющими переменными (среднегодовой стоимостью основных фондов и накопленной добычей), очень высокая. Во-вторых, близкие к 2 значения статистик Дарбина–Ватсона  $DW$  указывают отсутствие автокорреляции 1-го порядка остатков оцененных регрессий при 5%-ом уровне значимости, что свидетельствует в пользу правильности выбранных функций.

Кроме того, превосходящие по модулю 2  $t$ -статистики оценок коэффициентов производственных функций показывают, что все учтенные факторы производства являются статистически значимыми. Знаки при их коэффициентах не противоречат экономическому смыслу. В самом деле, отрицательный коэффициент при накопленной добыче  $\alpha_2$  подтверждает тот факт, что с ростом истощения запасов при неизменном объеме основных фондов добыча газа падает. Положительный коэффициент при основных фондах  $\alpha_1$  показывает, что при данном уровне выработанности запасов природного газа в Тюменской области по мере увеличения объема основных фондов происходит рост газодобычи.

Между тем, эти две функции дают не самые точные прогнозы добычи природного газа с точки зрения принципа ретроспективных расчетов, являющегося «наиболее распространенным и эффективным подходом к верификации эконометрической модели» [36], ибо ретроспективная оценка абсолютной величины средней относительной ошибки прогноза  $\Delta(\tau)_{\text{отн}}$  по этим функциям на один год и более лет вперед не является минимальной (см. таблицу 4).

**Таблица 4.** Основные результаты ретроспективных расчетов на  $\tau$  лет вперед.

Производственная функция	Временной промежуток $t_0, \dots, 2006$	Ретроспективная оценка абсолютной величины средней относительной ошибки прогноза на $\tau$ лет вперед $\Delta(\tau)_{\text{омн}}, \%$				
		$\tau = 1$	$\tau = 2$	$\tau = 3$	$\tau = 4$	$\tau = 5$
<b>Тюменская область (без предприятий Восточной Сибири)</b>						
Трансцендентная $G_t = e^{\alpha_0 + \alpha_2 \cdot G_{1963, t-2}} \cdot \bar{\Phi}_{t-1}^{\alpha_1}$	1984–2006	1,08	1,20	1,30	1,54	1,74
	1985–2006	0,80	0,88	1,00	1,30	1,54
	1986–2006	0,68	0,81	0,88	1,06	1,49
	1987–2006	0,59	0,76	0,75	1,03	0,38
	1988–2006	0,89	1,41	1,91	1,19	—
	1989–2006	1,29	2,33	2,24	—	—
Степенно-показательная $G_t = e^{\alpha_0} \cdot \bar{\Phi}_{t-1}^{\alpha_1 + \alpha_2 \cdot G_{1963, t-2}}$	1984–2006	1,19	1,28	1,39	1,69	2,02
	1985–2006	0,89	0,98	1,21	1,52	1,50
	1986–2006	0,90	1,16	1,53	1,62	1,64
	1987–2006	1,11	1,47	1,63	1,83	2,87
	1988–2006	1,13	0,95	0,85	2,09	—
	1989–2006	0,83	0,82	0,01	—	—
<b>Тюменская область (дочерние общества ОАО «Газпром»)</b>						
Степенно-показательная $G_t = e^{\alpha_0} \cdot \bar{\Phi}_{t-1}^{\alpha_1 + \alpha_2 \cdot G_{1963, t-2}}$	1984–2006	1,57	1,89	2,13	2,54	2,90
	1985–2006	1,47	2,01	2,48	2,97	3,66
	1986–2006	1,65	2,11	2,45	3,07	3,81
	1987–2006	1,59	1,92	2,46	3,07	3,26
	1988–2006	1,71	2,45	3,18	3,28	—
	1989–2006	1,44	2,33	2,68	—	—

#### Выбор функций для прогнозирования добычи природного газа.

Ретроспективная оценка абсолютной величины средней относительной ошибки прогноза  $\Delta(\tau)_{\text{омн}}$  по экзаменуемой выборке на  $\tau$  лет вперед рассчитывается как сумма взятых по модулю отношений прогнозных значений добычи природного газа  $\hat{G}_{t_{06}+i-1+\tau}$  в году  $t_{06} + i - 1 + \tau$  к фактическим значениям добычи природного газа  $G_{t_{06}+i-1+\tau}$  в этом году за вычетом единицы, деленная на количество сделанных прогнозов  $n$ :

$$\Delta(\tau)_{\text{омн}} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{G}_{t_{06}+i-1+\tau}}{G_{t_{06}+i-1+\tau}} - 1 \right| \times 100\%,$$

$$t_{06} = t_0 + 5 * m - 1,$$

$$n = 2006 - t_{06} - \tau + 1.$$

где  $t_{06}$  – минимальный конечный год обучающей выборки,  $t_0$  – начальный год общей выборки (см., например, второй столбец таблицы 4),  $m$  – число коэффициентов производственной функции (в нашем случае  $m = 3$ ) [36; 37].

Из всех исследованных нами функций наименьшей ретроспективной оценкой абсолютной величины средней относительной ошибки прогноза на один год и более лет вперед по Тюменской области в целом обладает трансцендентная функция

$$\Gamma_t = e^{5,578176356-7,432950292 \times 10^{-8} \times G_{1963,t-2}} \cdot \overline{\Phi}_{t-1}^{0,4954230555}, \quad (1)$$

построенная на данных из временного промежутка с 1987 г. по 2006 г. (см. таблицы 3 и 4).

По дочерним обществам ОАО «Газпром» в Тюменской области наименьшую ретроспективную оценку абсолютной величины средней относительной ошибки прогноза на один год вперед имеет степенно-показательная функция

$$\Gamma_t = e^{6,434100762} \cdot \overline{\Phi}_{t-1}^{0,4402357605-4,225182463 \times 10^{-9} \times G_{1963,t-2}}, \quad (2)$$

построенная на данных из временного промежутка с 1989 г. по 2006 г. (см. таблицы 3 и 4),

а на два года и более лет вперед – степенно-показательная функция

$$\Gamma_t = e^{3,999666269} \cdot \overline{\Phi}_{t-1}^{0,5988304674-5,623297311 \times 10^{-9} \times G_{1963,t-2}}, \quad (3)$$

построенная на данных из временного промежутка с 1984 г. по 2006 г. (см. таблицы 3 и 4).

Таким образом, для прогнозирования добычи природного газа на 2007 год нам лучше всего использовать функции (1) и (2), которые хорошо описывают процесс газодобычи с точки зрения классических критериев эконометрики (т.е. близости  $R^2$  к 1,  $DW$  к 2, см. таблицу 3) и экономического смысла.

**Прогноз добычи природного газа на 2007 год.** Выбранные на основе принципа ретроспективных расчетов производственные функции (1) и (2) дают следующие прогнозные значения добычи природного газа в Тюменской области на 2007 г. со стандартной среднеквадратической ошибкой в 7 млрд. м<sup>3</sup>:

1) Тюменская область в целом (без учета предприятий Восточной Сибири) – 562,2 млрд. м<sup>3</sup> (против 563,9 в 2006 г.),

2) дочерние общества ОАО «Газпром» на территории области (учтенные согласно методике 2007 года [25]) – 510,4 млрд. м<sup>3</sup> (против 514,7 в 2006 г.).

Таким образом, обе производственные функции прогнозируют на 2007 г. небольшое (в пределах 1%) снижение добычи природного газа как по Тюменской области в целом, так и по находящимся на ее территории дочерним обществам ОАО «Газпром» (см. рис. 1 и 2), что, в свою очередь, не входит в противоречие с планами компании о снижении добычи газа в 2007 г. на 5–8 млрд. м<sup>3</sup> по сравнению с 2006 г.

По предварительным данным, в 2007 г. добыча природного газа в Тюменской области снизилась: добыча из месторождений области (без учета предприятий Восточной Сибири) составила 555,0 млрд. м<sup>3</sup> (против 563,9 в 2006 г.), а из месторождений дочерних

обществ ОАО «Газпром» на территории области, учтенных по методике 2007 г.<sup>\*</sup>, – 506,5 млрд. м<sup>3</sup> (против 514,7 в 2006 г.). Отклонения рассчитанных нами на основе функций (1) и (2) прогнозных значений добычи газа от ее фактических объемов в 2007 г. по области в целом составили 1,29%, по дочерним обществам ОАО «Газпром» – 0,77%.

Рис. 1.

**ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ (без предприятий Восточной Сибири)**  
Фактическая и расчетная добыча природного газа в 1987–2006 гг.  
с прогнозом на 2007 год (562,2 млрд. м<sup>3</sup>)

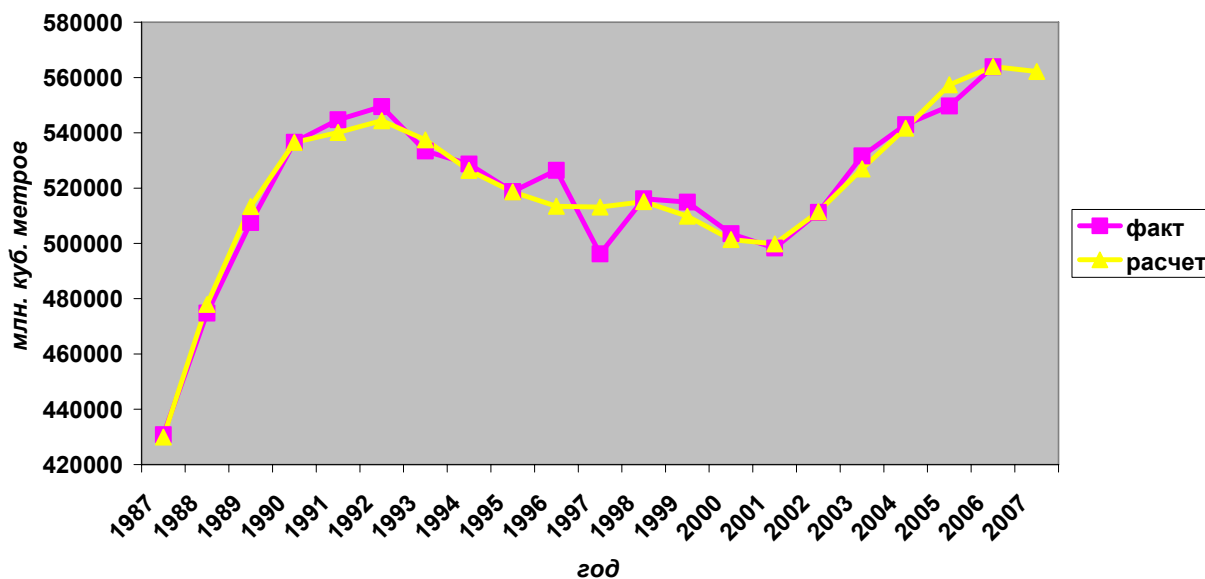
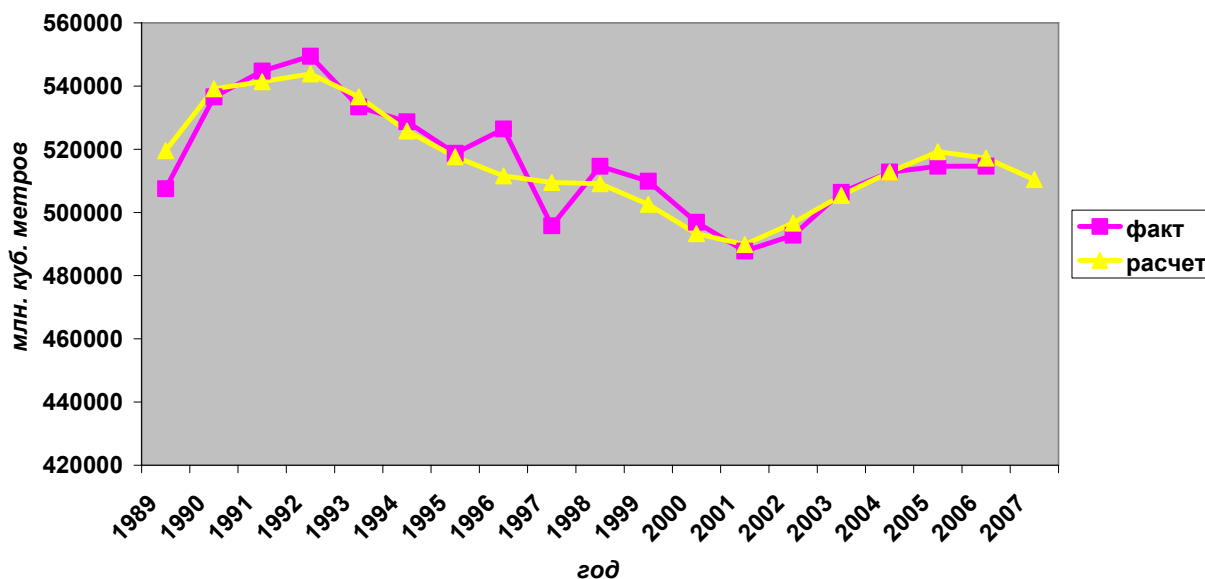


Рис. 2.

**ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ (дочерние общества ОАО "Газпром")**  
Фактическая и расчетная добыча природного газа в 1989–2006 гг.  
с прогнозом на 2007 год (510,4 млрд. м<sup>3</sup>)



\* Без ОАО «Севернефтегазпром», добыча которого в 2007 г. составила 1,25 млрд. м<sup>3</sup>.

**План ввода в действие основных фондов на 2008–2010 гг., обеспечивающий уровень добычи природного газа в соответствии с вариантами Энергетической стратегии России на период до 2020 года.** Прогнозирование добычи природного газа по Тюменской области (без учета предприятий Восточной Сибири) на 2008–2010 гг. на основе трансцендентной функции (1) дает следующие результаты. *См. полный вариант статьи в журнале «Газовая промышленность», 2008, № 6, стр. 19-25.*

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации № НШ-3890.2008.6 «Компьютерное и математическое моделирование экономики и общества» и Гранта Российского фонда фундаментальных исследований №08-06-00301-а «Оценка влияния различных вариантов использования средств Стабилизационного фонда и изменения тарифов естественных монополий на основные макроэкономические показатели экономики России».