

Эффективность использования
принципа ретроспективных
расчетов при прогнозировании
добычи природного газа
(на примере месторождений
Газпрома Тюменской обл.)

Антон Александрович Афанасьев

Центральный экономико-математический институт

Российской академии наук

пос. Развилка, 22 сентября 2011 г.

I.

Методология
исследования

I.

Methodology
of Research

Производственные функции ПФ

- **Производственная функция (ПФ) F** - описывает функциональную связь между максимальным выпуском продукции Y и факторами производства X_1, X_2, \dots, X_n , а также зависимость между самими факторами производства.
- $Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Преимущества моделей ПФ для прогнозирования добычи природного газа

- **“Малофакторность”** - небольшого числа факторов (обычно двух-трех) достаточно для (1) адекватного описания и (2) точного прогнозирования добычи газа
- **“Агрегированность”** - способность моделировать и прогнозировать добычу газа из всей совокупности месторождений на уровне страны, региона или компании.

Факторы производства газа

Factors of Gas Production

- ❖ *Среднегодовая стоимость основных промышленно-производственных фондов в сопоставимых ценах 1990 г.*
(Average annual value of fixed industrial assets in comparative 1990 prices)
- ❖ *Накопленная добыча природного газа с начала промышленной добычи (1963 г.) по год $t-1$*
(Cumulative gas production since start-up point (1963) till year $t-1$)

Методика учета ДО Газпрома на территории области за 1984-2009 гг. (Gazprom Methodology Guidelines for Tyumen Region in 1984-2010)

1. ООО “Газпром добыча Надым” (Gazprom Dobycha Nadym)
2. ООО “Газпром добыча Ноябрьск” (Gazprom Dobycha Noyabrsk)
3. ООО “Газпром добыча Уренгой” (Gazprom Dobycha Urengoy)
4. ООО “Газпром добыча Ямбург” (Gazprom Dobycha Yamburg)
5. ООО “Газпром трансгаз Югорск”, бывшее ГПУ Игримгаз (Gazprom transgaz Yugorsk, former gas production dep. Igrimgaz)*
6. ЗАО “Пургаз” (100 % с 1998 г.) (Purgaz: 100% since 1998)
7. ООО “Пургаздобыча” до 2008 г. (Purgazdobycha up to 2008)
8. ОАО “Севернефтегазпром” (Severneftegazprom)

* Добыча, без основных фондов с 1993 г. (Gas output, without fixed assets s. 1993)

Выбор функций для эконометрического исследования МНК

❖ *Линейная*

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

❖ *Трансцендентная*

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

❖ *Степенная*

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

❖ *Степенно-показательная*

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

Γ_t - добыча газа в году t ;

$\bar{\Phi}_{t-1}$ - среднегодовая стоимость основных промышленно-производственных фондов в ценах 1990 г. в году $t-1$;

$G_{1963,t-2}$ - накопленная добыча газа с 1963 г. по год $t-2$.

Choice of Production Functions for econometric study by Least Squares

❖ *Linear*

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

❖ *Trancendendential*

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

❖ *Power*

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

❖ *Power-exponential*

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

Γ_t - gross natural gas production in year t;

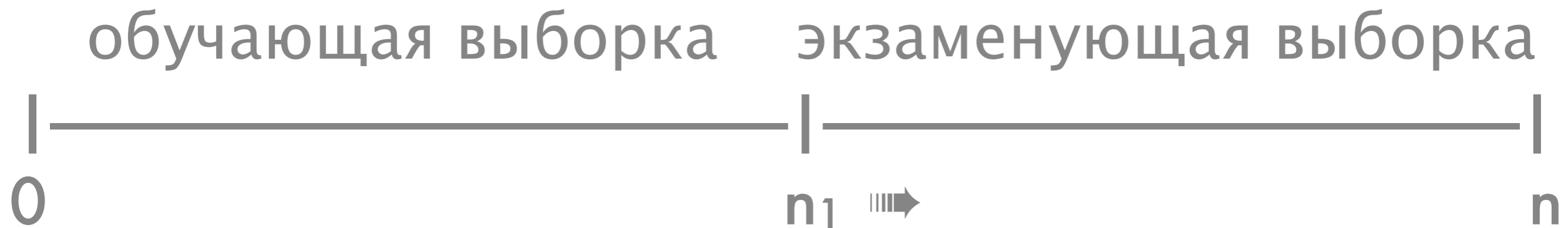
$\bar{\Phi}_{t-1}$ - average annual value of fixed industrial assets (in constant 1990 prices) in year t-1;

$G_{1963,t-2}$ - cumulative gas production since 1963 r. till year t-2.

Анализ точности регрессионной модели

- **Принцип ретроспективных расчетов (*ex-post* прогноза)** - эксперимент, позволяющий прогнозировать значения результирующей переменной уже прошедшего периода на основе данных, предшествовавших последним, и сопоставлять полученные значения результирующей переменной модели с известными фактическими данными.

Обучающая и экзаменующая выборки



- n - общее число наблюдений, n_1 - миним. объем об. выборки
- $\min \{n_i\} \geq 2p$ или $3p$, где p - число параметров регрессии
- **Обучающая выборка** $[0, n_1]$ - на основе ее наблюдений строятся оценки неизвестных параметров функции регрессии
- **Экзаменующая выборка** $[n_1 + 1, n]$ - используется для анализа точности построенной модели и прогнозирования

APE (absolute perc. error)

- Ретроспективная оценка абсолютной величины относительной ошибки прогноза на τ лет вперед $APE(\tau, i)$ по i -ой обучающей выборке

$$APE(\tau, i) = \left| \frac{\hat{G}_{n_I+i-I+\tau}}{G_{n_I+i-I+\tau}} - 1 \right| \times 100\%$$

- где $\hat{G}_{n_I+i-I+\tau}$ и $G_{n_I+i-I+\tau}$ - соответственно прогнозные и фактические значения добычи газа в году $n_I+i-I+\tau$
- i - номер выборки, τ - горизонт прогнозирования, n_I - минимальный объем обучающей выборки

II.
Исполнение прогноза
на 2010 год

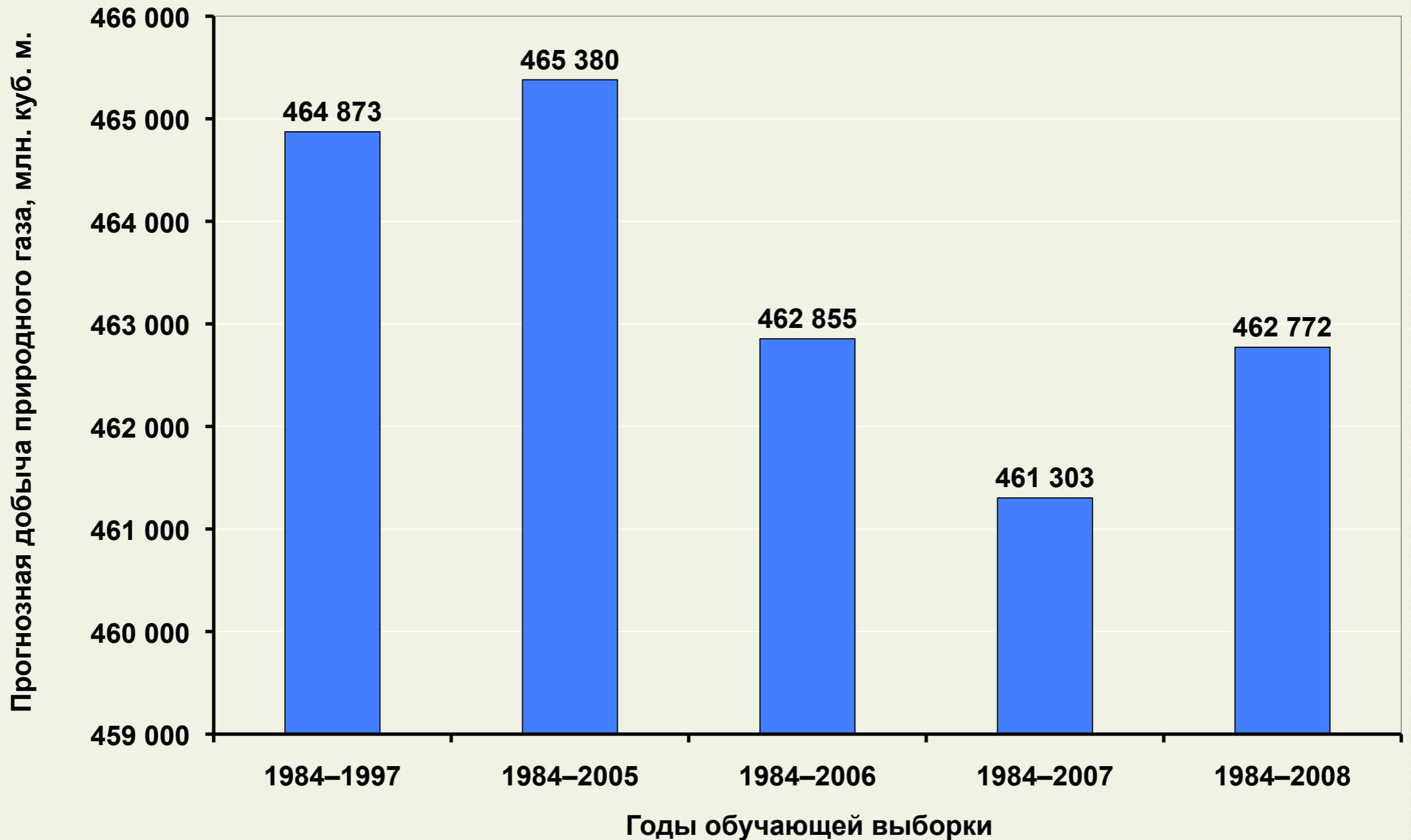
II.
Verifying forecast
for 2010

Тюменская область (Газпром) ст.-пок. ф-я

$\Gamma_t = e^{\alpha_0} (\Phi_{t-1(1990)})^{\alpha_1 + \alpha_2 G_{1963:t-2}}$, иссл. с 1984 по 1997-2008 гг.

Годы	Коэффициенты и t-статистики (в скобках)			R^2	DW	2010 г.	2011 г.
	α_0	α_1	α_2			Ошибка прогноза, %	Прогноз, млрд м ³
1984-1997	4,01 (10)	0,60 (22)	$-5,58 \cdot 10^{-9}$ (-12)	0,99	1,52	1,81	464,9
1984-2005	4,02 (14)	0,60 (32)	$-5,58 \cdot 10^{-9}$ (-24)	0,99	1,44	1,92	465,4
1984-2006	4,00 (14)	0,60 (32)	$-5,62 \cdot 10^{-9}$ (-25)	0,99	1,37	1,40	462,9
1984-2007	3,98 (15)	0,60 (33)	$-5,66 \cdot 10^{-9}$ (-26)	0,99	1,34	1,08	461,3
1984-2008	4,01 (15)	0,60 (34)	$-5,62 \cdot 10^{-9}$ (-27)	0,99	1,39	1,38	462,8

Прогнозы добычи на 2011 год по выборкам с 1984 г.



III.

*Получен очень редкий результат в эконометрике и экономике газовой промышленности - выявлены модели производственных функций, имеющие максимальную ошибку *ex-post* прогноза в 3,7% на 18 лет вперед*

Тюменская область (Газпром) ст.-пок. ф-я

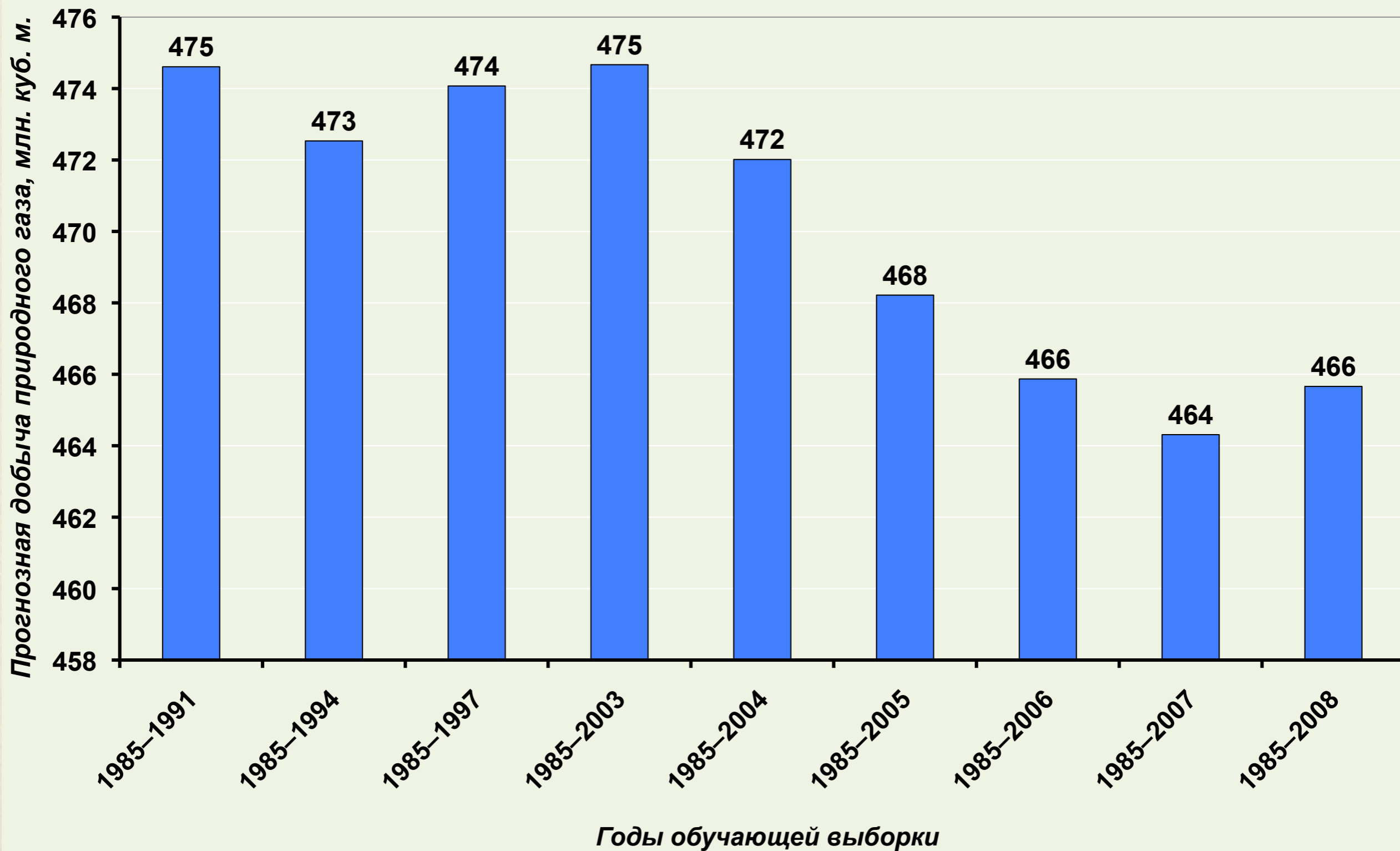
$\Gamma_t = e^{\alpha_0} (\Phi_{t-1(1990)})^{\alpha_1 + \alpha_2 G_{1963:t-2}}$, иссл. с 1985 по 1991-2008 гг.

Годы	α_0	α_1	α_2	R^2	DW	Прогноз на 2011 г.
1987-1991	4,61(4)	0,56 (6)	$-5,12 \cdot 10^{-9} (-2,04)$	0,99	1,52	474 610
1987-1992	4,71 (6)	0,55 (10)	$-4,89 \cdot 10^{-9} (-3)$	0,99	1,49	490 689
1987-1993	4,43 (8)	0,57 (15)	$-5,48 \cdot 10^{-9} (-6)$	0,99	1,57	452 363
1987-1994	4,60 (10)	0,56 (18)	$-5,15 \cdot 10^{-9} (-8)$	0,99	1,68	472 534
1987-1995	4,65 (13)	0,56 (23)	$-5,07 \cdot 10^{-9} (-11)$	0,99	1,67	477 134
1987-1996	4,90 (14)	0,54 (22)	$-4,65 \cdot 10^{-9} (-11)$	0,99	1,57	502 400
1987-1997	4,60 (11)	0,56 (21)	$-5,14 \cdot 10^{-9} (-12)$	0,99	2,09	474 073
1987-1998	4,65 (13)	0,56 (22)	$-5,05 \cdot 10^{-9} (-14)$	0,99	2,47	478 872
1987-1999	4,71 (14)	0,55 (24)	$-4,97 \cdot 10^{-9} (-16)$	0,99	2,41	483 429
1987-2000	4,72 (15)	0,55 (26)	$-4,95 \cdot 10^{-9} (-18)$	0,99	2,42	484 163
1987-2001	4,67 (16)	0,55 (28)	$-5,02 \cdot 10^{-9} (-20)$	0,99	2,40	480 931
1987-2002	4,61 (16)	0,56 (28)	$-5,10 \cdot 10^{-9} (-21)$	0,99	2,25	476 748
1987-2003	4,59 (16)	0,56 (29)	$-5,14 \cdot 10^{-9} (-23)$	0,99	2,20	474 668
1987-2004	4,57 (16)	0,56 (29)	$-5,19 \cdot 10^{-9} (-23)$	0,98	2,09	472 014
1987-2005	4,55 (15)	0,56 (28)	$-5,24 \cdot 10^{-9} (-23)$	0,98	1,84	468 217
1987-2006	4,54 (15)	0,56 (28)	$-5,28 \cdot 10^{-9} (-23)$	0,98	1,73	465 870
1987-2007	4,51 (15)	0,57 (29)	$-5,32 \cdot 10^{-9} (-24)$	0,98	1,68	464 310
1987-2008	4,54 (16)	0,56 (29)	$-5,28 \cdot 10^{-9} (-25)$	0,98	1,74	465 661

Ретроспективная оценка абсолютной величины относительной ошибки прогноза на 1 год и далее до 19 лет вперед по обучающим выборкам с 1985 по 1991-2008 гг., %

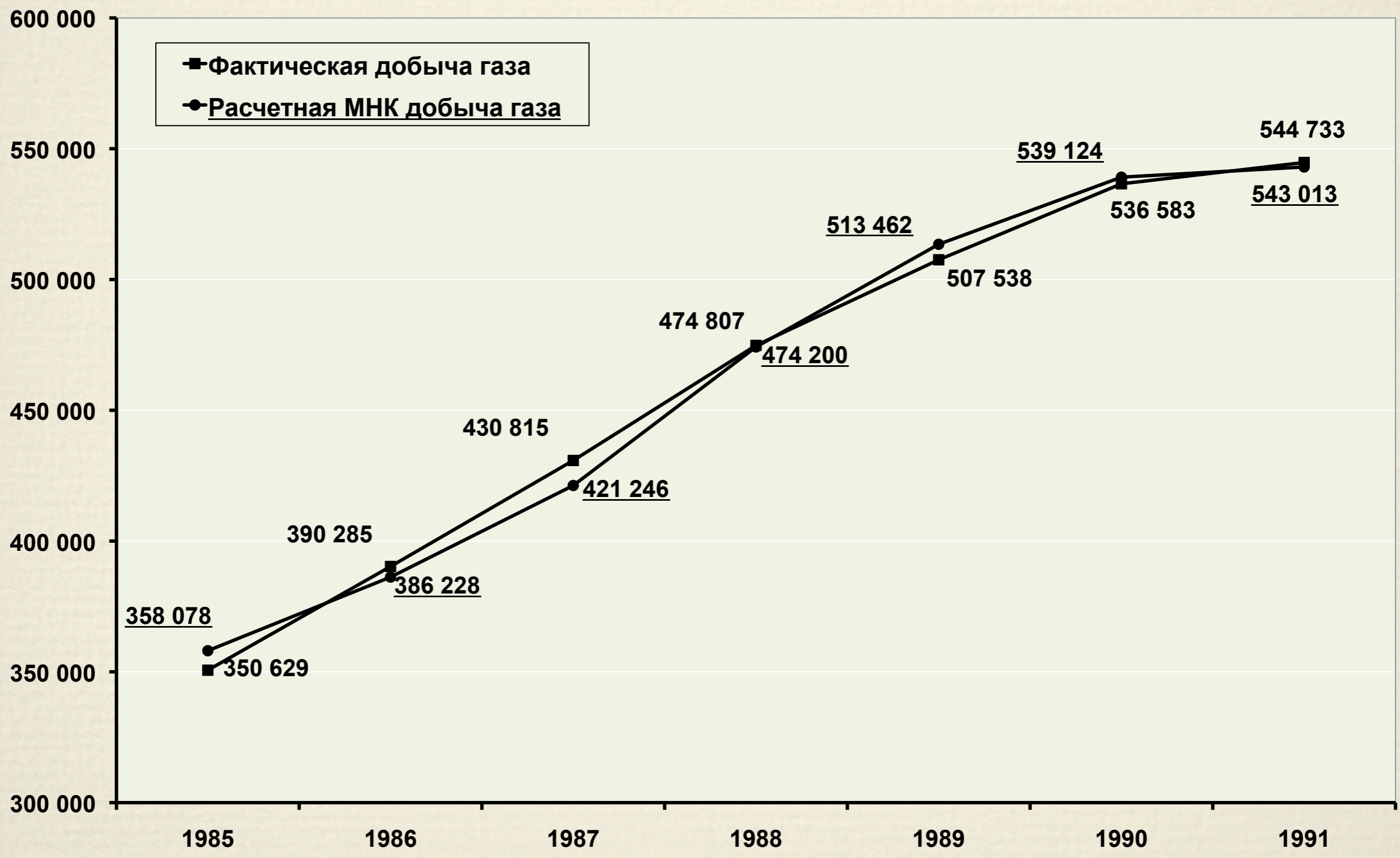
Год <i>ex-post</i> прогн	Обучающие выборки с 1985 г. по год																	
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1992	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1993	1.1	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1994	0.4	0.2	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1995	0.3	0.5	1.4	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1996	3.0	2.0	4.3	3.1	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1997	2.7	3.9	1.1	2.5	2.8	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998	1.0	0.3	2.7	1.1	0.8	1.0	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1999	1.5	0.0	3.4	1.7	1.3	0.8	1.5	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2000	1.0	0.6	3.3	1.3	0.8	1.6	1.1	0.6	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001	0.1	1.9	2.3	0.1	0.4	3.1	0.1	0.6	1.1	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—
2002	1.1	3.0	1.6	0.8	1.4	4.2	1.1	1.6	2.1	2.2	1.8	—	—	—	—	—	—	—
2003	0.8	2.8	2.0	0.5	1.1	4.1	0.8	1.3	1.9	1.9	1.6	1.1	—	—	—	—	—	—
2004	1.6	3.8	1.4	1.3	1.9	5.2	1.6	2.2	2.7	2.8	2.4	1.9	1.7	—	—	—	—	—
2005	3.1	5.5	0.2	2.8	3.4	7.0	3.1	3.7	4.3	4.4	4.0	3.5	3.2	2.8	—	—	—	—
2006	2.8	5.4	0.7	2.5	3.2	7.0	2.8	3.5	4.1	4.2	3.8	3.2	2.9	2.5	1.9	—	—	—
2007	2.7	5.5	1.0	2.4	3.1	7.3	2.7	3.4	4.2	4.3	3.8	3.1	2.8	2.3	1.7	1.3	—	—
2008	0.5	3.4	3.4	0.2	1.0	5.3	0.5	1.3	2.1	2.2	1.7	0.9	0.6	0.1	0.5	0.9	1.2	—
2009	17.6	21.2	12.7	17.1	18.2	23.7	17.5	18.5	19.5	19.7	19.0	18.1	17.7	17.1	16.2	15.7	15.4	15.7
2010	3.7	7.1	0.9	3.3	4.2	9.4	3.6	4.6	5.5	5.7	5.0	4.2	3.7	3.2	2.4	1.9	1.6	1.9

Прогнозы добычи на 2011 год по выборкам с 1985 г.



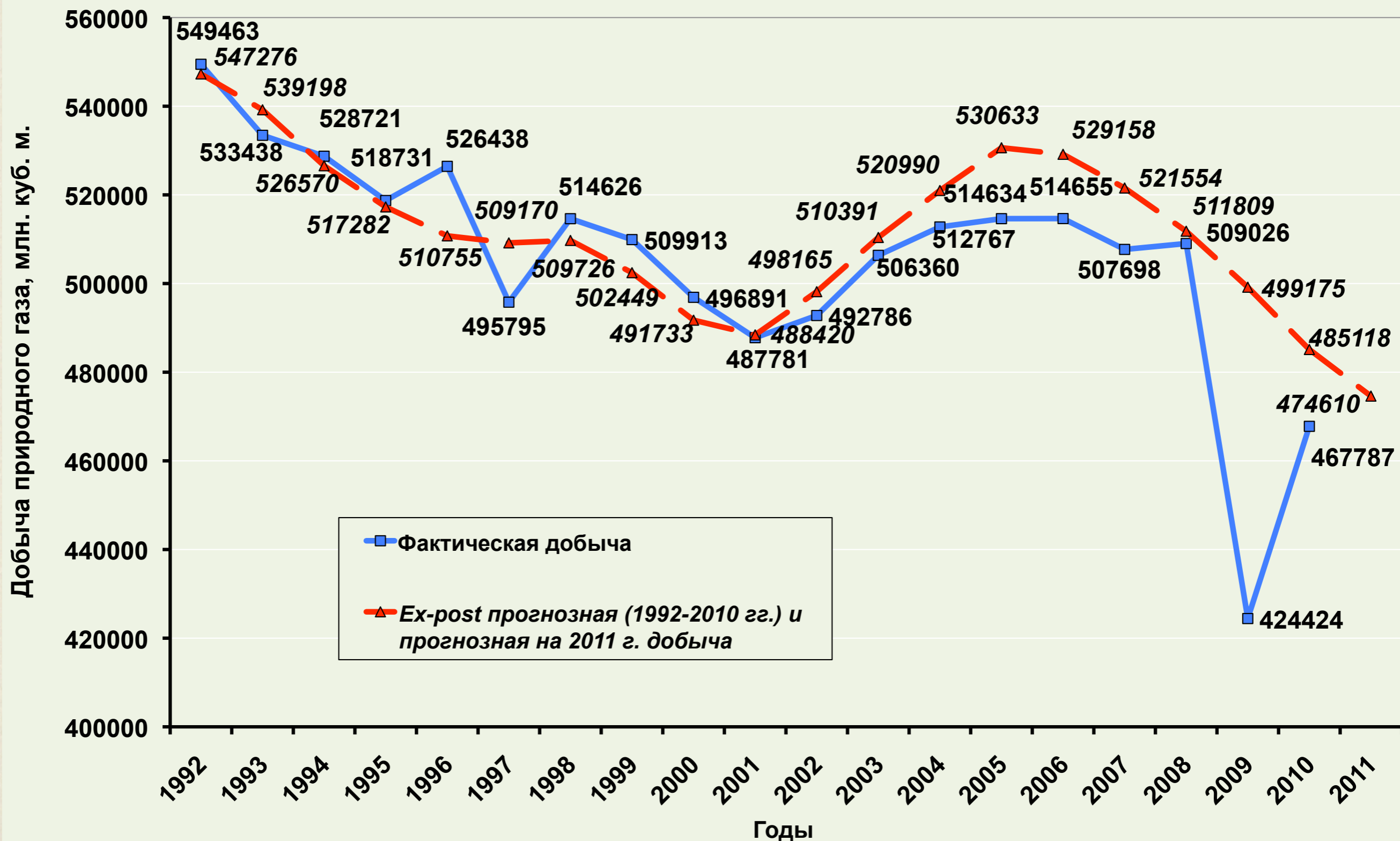
Фактическая и расчетная МНК добыча газа

Функции $\Gamma_t = e^{4,6I} (\Phi_{t-I(1990)})^{0,56-5,12 \times 10^{-9} \cdot G_{1963,t-2}}$ в 1985-1991 гг.

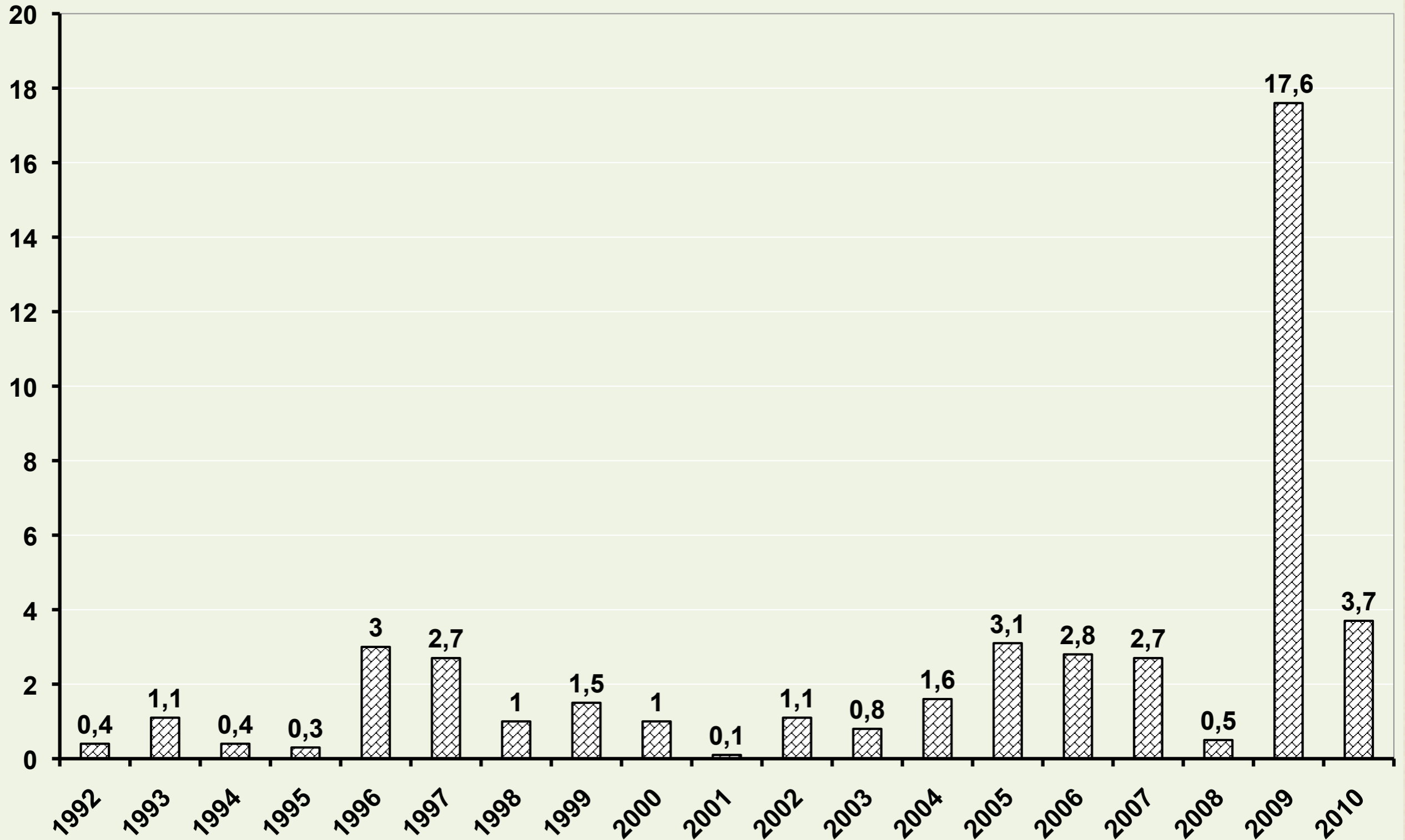


Фактическая, ex-post прогнозная на 19 лет вперед (1992–2010 гг.) и прогнозная добыча газа в Тюменской области на 2011 г. на основе функции

$$G_t = e^{4,61} (\Phi_{t-1(1990)})^{0,56-5,12 \times 10^{-9} \cdot G_{1963,t-2}}, \text{ исследованной в 1985–1991 гг.}$$



Ретроспективная оценка абсолютной величины относительной ошибки прогноза на 19 лет вперед функции $\Gamma_t = e^{4,61} (\Phi_{t-1(1990)})^{0,56-5,12 \times 10^{-9} \cdot G_{1963,t-2}}$, исследованной в 1985-1991 гг., %



Вывод I

- ❖ Приведенные выше результаты свидетельствуют о высокой эффективности использования принципа ретроспективных расчетов (*ex-post* прогноза) при эконометрическом прогнозировании добычи природного газа. Прогнозируемые по степенно-показательным производственным функциям объемы добычи природного газа на 2011 г. из месторождений Газпрома Тюменской области с максимальной *ex-post* прогнозной ошибкой в 3,7 % располагаются в интервале 461,3–474,7 млрд м³

Факторы, препятствующие дальнейшим исследованиям

- ❖ Отсутствие *среднегодовых* статистических данных о загрузке производственных мощностей газодобывающих предприятий Газпрома Тюменской области (доля скважин, дающих продукцию; диаметры штуцеров; календарное и фактическое время работы простаивающих скважин)

IV.

Газпром - эффективный
ресурсный стабилизатор
народного хозяйства РФ

Производственные функции	Коэффициенты и t-статистики			R ²	LM-тест
	α_0	α_1	α_2		
<i>1. Плановая экономика 1965-1990 гг.</i>					
$\frac{\Gamma_t}{L_t} = e^{\alpha_0} \left(\frac{\Phi_{t-1}}{L_t} \right)^{\alpha_1}$	-1,82 (3)	0,95 (8)	-	0,72	TR ² = 0,76 [p=0,38]
<i>2. Рыночная экономика 1993-2007 гг.</i>					
$\frac{\Gamma_t}{L_t} = e^{\alpha_0} \left(\frac{\Phi_{t-1}}{L_t} \right)^{\alpha_1} e^{\alpha_2 t}$	168 (51)	0,89 (34)	-0,085 (-51)	0,996	TR ² = 2,55 [p=0,11]
$\frac{\Gamma_t}{L_t} = e^{\alpha_0} \left(\frac{\Phi_{t-1}}{L_t} \right)^{\alpha_1} e^{\alpha_2 G_{1963,t-1}}$	-1,20 (-6)	0,89 (31)	-1,68*10 ⁻⁷ (-46)	0,996	TR ² = 3,62 [p=0,06]
$\frac{\Gamma_t}{L_t} = e^{\alpha_0} \left(\frac{\Phi_{t-1}}{L_t} \right)^{\alpha_1} e^{\alpha_2 G_{1963,t-2}}$	-1,25 (-6)	0,89 (30)	-1,67*10 ⁻⁷ (-45)	0,995	TR ² = 3,33 [p=0,07]
<i>Средняя за 1993-2007 гг. доля заработной платы с начислениями в затратах на добычу газа</i>				0.11	

$$\text{Следствие из } 1 - \alpha_1 = \frac{\omega L}{\omega L + r\bar{\Phi}}$$

В среднем за 1993-2007 гг. предельная норма замещения труда капиталом равна отношению их цен ω и r :

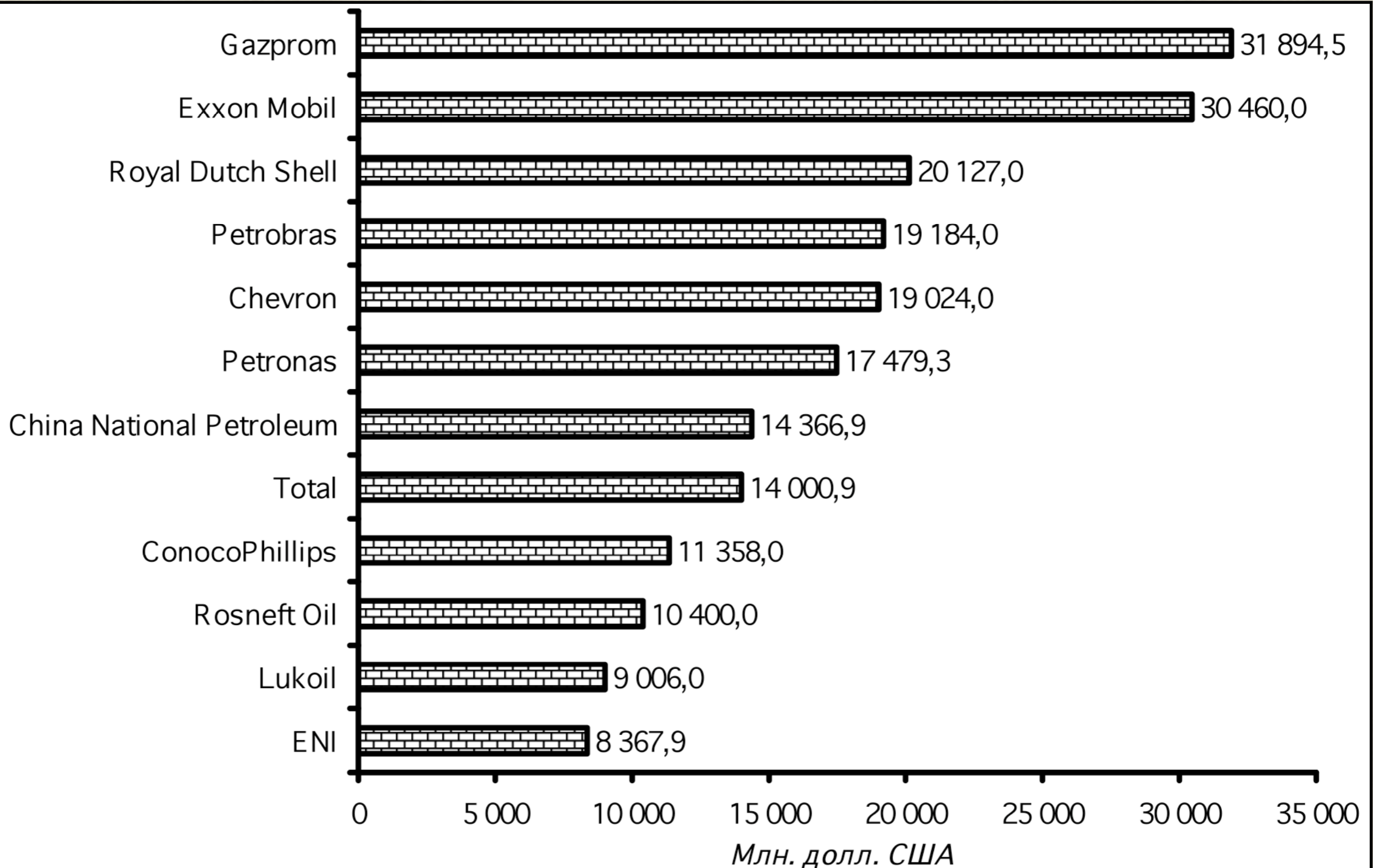
$$(I) \quad \frac{\partial \Gamma}{\partial L} / \frac{\partial \Gamma}{\partial \bar{\Phi}} = \frac{\omega}{r}$$

Вывод 1. Газодобывающий сектор ОАО "Газпром" Тюменской области добывал заданные головной компанией объемы газа Γ_t с минимальными издержками

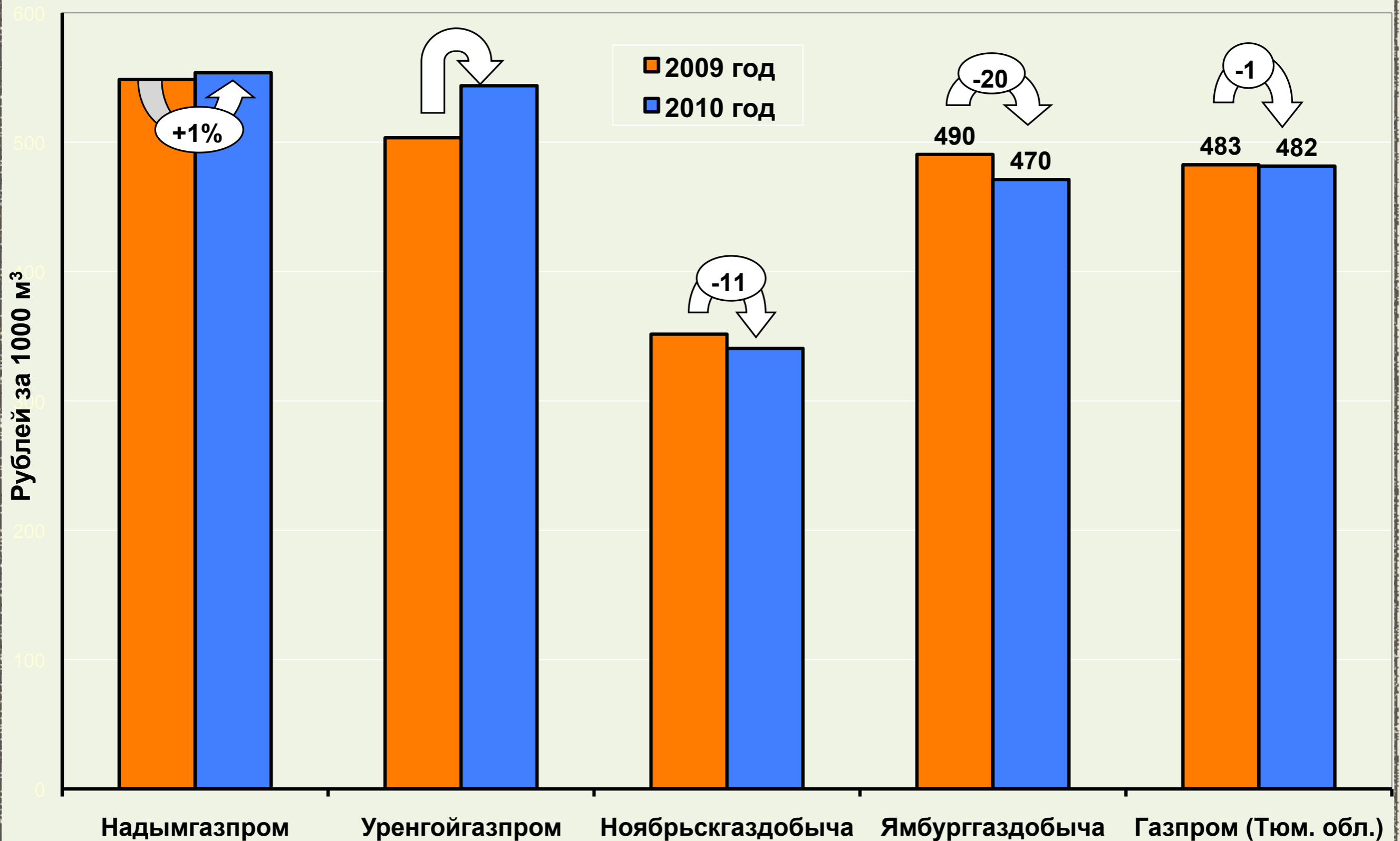
$$(II) \quad \min_{\Phi_{t-1}, L_t} \omega_t L_t + r_t \Phi_{t-1}$$

$$e^{\alpha_0} \Phi_{t-1}^{1-\alpha_1} L_t^{1-\alpha_1} e^{\alpha_2 t} \geq \Gamma_t$$

2010 Г.: первое место по чистой прибыли среди мировых энергокомпаний



2010 год: снижение издержек добычи в Тюменской области



Вывод 2

Таким образом, можно утверждать, что, минимизируя издержки производства и парето-эффективно используя факторы производства, Газпром выступает ресурсным стабилизатором народного хозяйства Российской Федерации, ибо компания не оттягивает трудовые и инвестиционные ресурсы из прочих секторов экономики, а, наоборот, высвобождает их для других отраслей народного хозяйства, способствуя тем самым их эффективному функционированию и ускорению темпов роста всей российской экономики.

*БЛАГОДАРЮ ЗА
ВНИМАНИЕ!*

*THANK YOU FOR YOUR
ATTENTION!*
