

# MPRA

Munich Personal RePEc Archive

## **Russian Energy Strategy and development of renewable power industry**

Andrei Bazhanov and Igor Tyukhov

Far Eastern National University

21. May 2008

Online at <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/8804/>

MPRA Paper No. 8804, posted 25. May 2008 14:07 UTC

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ РОССИИ  
И РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ\***  
(Russian Energy Strategy and development of renewable  
power industry)

**Канд. физ-мат. наук Бажанов А. В. (ДВГУ, Владивосток;  
Queen's University, Canada)  
Канд. техн. наук Тюхов И. И. (ГНУ ВИЭСХ)**

Большая часть России находится в зоне децентрализованного энергоснабжения. Огромный потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ), экологические проблемы традиционной энергетики, проблемы глобального изменения климата и энергетической безопасности ставят вопросы о существенно большем внимании к ВИЭ, чем это отражено в официальном документе «Энергетическая стратегия России» (ЭСР), принятом в 2003 г. [1, 2].

В то же время, российские энергетики до сих пор относятся к возобновляемой энергетике как к «маргинальной» отрасли, как будто они не знают, на какой уровень она поднялась в европейских странах, США, Японии. До сих пор не решена поставленная в нем задача: «Разработать и принять федеральный закон “О возобновляемых источниках энергии” и соответствующий акт Правительства Российской Федерации».

Уже на самом высоком уровне отмечается, что «нам пока не удалось уйти от инерционного энергосырьевого сценария развития» и ставятся задачи «формирования современного, лучшего в мире энергетического сектора».

В статье рассматриваются агрегированные сценарии развития возобновляемой энергетики в России с учетом планов по увеличению темпов добычи нефти, представленных в ЭСР [1]. Сценарии предполагают устойчивое развитие экономики в смысле неубывающего потребления на душу населения в долгосрочном периоде. Согласно правилу Хартвика [10] постоянное во времени

---

\* Статья опубликована в сборнике: «Труды 6-й Международной научно-технической конференции “Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве”» (Power supply and energy efficiency in agriculture), 13 - 14 мая 2008 года, ГНУ ВИЭСХ, Москва, Часть 4, Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы. Экология. С. 3 – 8.

потребление в экономике достигается за счет инвестирования ренты от невозобновляемого ресурса в воспроизводимый капитал. Этот

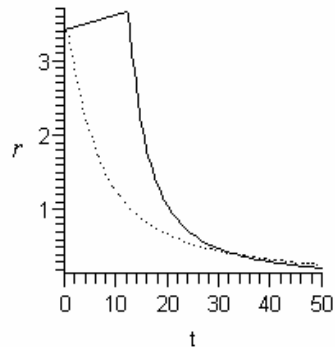


Рис. 1. Сценарии темпов добычи нефти в России, начиная с 2008 г. [млн.т./млн.чел. в год],  $t$  в годах: ЭСР (сплошная); устойчивое истощение с 2008 г. (пунктир).

результат был получен для модели Дасгупта-Хила-Солоу-Стиглица (ДХСС) [8, 12, 13] с производственной функцией Кобба-Дугласа, в которой невозобновляемый ресурс является существенным для производства. Предположим, что при фиксированной структуре производства и потребления ресурсная рента направляется не в финансовый фонд, а на развитие технологий, использующих возобновляемые ресурсы, и, тем самым, замещающих в производстве исчезающий ресурс. В [3] показано, что реализация планов добычи нефти, предусмотренных ЭСР (Рис. 1), существенно усложнит задачу по безкризисному переходу к устойчивому развитию экономики и приведет к более низкому уровню потребления в долгосрочном периоде. В данной работе сравниваются траектории нефтяной ренты (Рис. 2), которая согласно используемой модели может быть получена а) в случае реализации ЭСР и б) в случае перехода к устойчивому развитию экономики с 2008 г. Предположение об инвестировании ренты в альтернативные источники энергии дает соответствующие сценарии развития возобновляемой энергетики.

Модель ДХСС в нашем случае имеет вид  $q(t) = f[k(t), r(t)] = k^\alpha(t)r^\beta(t)$ , где  $q$  - подушевой валовой продукт<sup>1</sup>,  $k$  - подушевой капитал и  $r$  - темпы добычи нефти в расчете на душу населения,<sup>2</sup>  $\alpha$

<sup>1</sup> Мы будем иногда опускать зависимость переменных от времени.

<sup>2</sup> Предполагается, что население и, соответственно, труд  $L$ , константы. Тогда, поделив выражение для производственной функции в абсолютных единицах  $Q = K^\alpha R^\beta L^{1-\alpha-\beta}$  на  $L$ , получим выражение в единицах на

и  $\beta$  - константы, такие, что  $\alpha, \beta \in (0,1)$ ;  $\alpha + \beta < 1$ ;  $\alpha > \beta$ . Цены капитала и ресурса определяются как  $f_k \equiv \partial f / \partial k = \alpha k^{\alpha-1} r^\beta = \alpha q / k$  и  $f_r \equiv \partial f / \partial r = \beta k^\alpha r^{\beta-1} = \beta q / r$ . Тогда ресурсная рента равна  $r \cdot f_r = \beta q$  из чего следует, что предполагаемое правило инвестирования и потребление на душу населения имеют вид:  $\dot{k} \equiv dk / dt = \beta q$  и  $c = q - \dot{k} = (1 - \beta)q$ . То есть, правило Хартвика предполагает, что инвестирование в альтернативные технологии доли валового продукта, равной эластичности невозобновляемого ресурса  $\beta$  позволяет поддерживать постоянное потребление на душу населения при условии выполнения стандартного правила Хотеллинга:  $\dot{f}_r / f_r = f_k$ . Однако, стандартное правило Хотеллинга подразумевает экспоненциальный рост цены ресурса и убывающие темпы добычи, начиная с  $t = 0$ , что противоречит мировым данным по различным видам ресурсов [9]. В нашей работе мы предполагаем, что в экономике присутствуют внешние эффекты, аддитивно модифицирующие правило Хотеллинга:  $\dot{f}_r / f_r = f_k + \tau(t)$ . Такое обобщение позволяет использовать стандартную модель ДХСС для численных примеров, основанных на данных из реальной экономики. Кроме того, предположим, что правительство владеет инструментами (налоги, законодательство, образование) способными влиять на внешние эффекты и определять траекторию исчерпания ресурса, оптимальную в смысле некоторого заданного критерия, определяющего устойчивое развитие экономики. Как пример экономически устойчивой траектории исчерпания, рассмотрим кривую  $r(t)$ , вдоль которой подушевое потребление ограничено растёт или, другими словами, стремится к некоторой константе в долгосрочном периоде<sup>3</sup>. В [7] показано, что в классе

---

душу населения. В данной работе мы оставляем открытым вопрос о погрешности «закрытой» модели для российской экономики.

<sup>3</sup> Для корректного рассмотрения растущей экономики и упрощения модели предполагается, что имеющийся технический прогресс (совокупная производительность факторов производства) в точности компенсирует амортизацию капитала [6]. Это предположение позволяет рассматривать стандартную модель ДХСС для экономики с ограниченным и неограниченным ростом потребления.

рациональных переходных кривых вида

$$r(t) = r_0(1 + Bt)/(1 + Ct)^{d-1}, \quad (1)$$

где  $B = -C(d-2)[r_0C(d-1) + \dot{r}_0]$  и

$$C = \left[ \frac{r_0}{d-3} + \left\{ \frac{r_0^2}{(d-3)^2} + \frac{\dot{r}_0 s_0}{(d-3)(d-2)} \right\}^{0.5} \right] / s_0,$$

такому условию удовлетворяет кривая с параметром  $d = \alpha / \beta + 2$ .

Зная  $r(t)$ , определяем траекторию капитала, решив дифференциальное уравнение, задаваемое инвестиционным правилом:  $\dot{k} = \beta k^\alpha r^\beta$ . Начальное значение для капитала  $k_0$  выражается в нашей модели в единицах начальных значений для темпов исчерпания ресурса  $r_0$ , ускорения темпов  $\dot{r}_0$  и процентного изменения ВВП  $\dot{q}_0 / q_0$  [5]:  $k_0 = \left\{ \left[ \dot{q}_0 / \beta q_0 - \dot{r}_0 / r_0 \right] / (\alpha r_0^\beta) \right\}^{1/(\alpha-1)}$ .

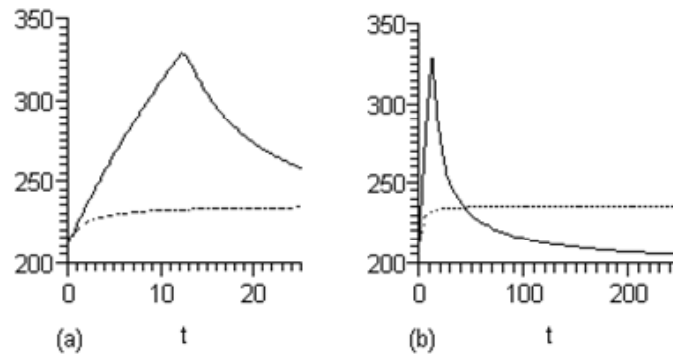


Рис. 2. Нефтяная рента [млн. долл. США в год] начиная с 2008 г. (время в годах) в случае реализации РЭП (сплошная) и в случае экономически устойчивой добычи с 2008 г. (пунктир): (а) краткосрочный период (25 лет); (б) долгосрочный период.

Следуя Нордхаузу и Бойеру [11] положим  $\alpha = 0.3$  и определим  $\beta = 0.25$ . Положим  $\dot{q}_0 / q_0 = 0.06$ , население – 142 млн. человек, данные о запасах  $s_0$  и добыче нефти ( $r_0, \dot{r}_0$ ) приводятся в [14]. Предположив, что темпы добычи нефти в случае реализации

ЭСР растут линейно до 2020 года до значения  $r_{12} = 520/142 = 3.66$  (Рис. 1), получим уравнение для капитала  $k^{-\alpha} \dot{k} = \beta(r_0 + \dot{r}_0 t)^\beta$ , где  $\dot{r}_0 = (r_{12} - r_0)/12$ , решение которого имеет вид

$$k_{REF}(t) = \left\{ \beta(1-\alpha) \left[ (r_0 + \dot{r}_0 t)^{\beta+1} - r_0^{\beta+1} \right] + k_0^{1-\alpha} \right\}^{1/(1-\alpha)}.$$

Капитал  $k(t)$  вдоль кривых вида (1) находится численно. Тогда для сценариев исчерпания российской нефти (Рис.1) получаем соответствующие траектории ренты (Рис. 2). Начальное значение ренты  $P(0)$  для нефти марки Ural's нормализуем исходя из значения  $P(0) = 10^{-6} \times 365 [\text{дней}] \times 60 [\$US/\text{баррель}] \times 9720 [\text{баррель}/\text{день}] = 212,868 [\text{mln.} \$US]$

**Выводы:** Мы рассмотрели гипотетические сценарии финансирования (и, соответственно, развития) возобновляемой энергетики в России, предположив, что согласно правилу Хартвика нефтяная рента полностью инвестируется в альтернативные технологии. Сценарии, основанные на модели ДХСС показывают, что увеличение добычи нефти, предусмотренное ЭСР, действительно дает увеличение ренты и, соответственно, подушевого потребления<sup>4</sup> в краткосрочном периоде (Рис. 2а). Однако, в силу конечности и существенности ресурса для экономики, этот рост не является устойчивым и приводит к снижению как ренты так и подушевого потребления в долгосрочном периоде (Рис. 2б). Заметим, что этот вывод, полученный для  $\beta = 0.25$ , качественно совпадает с выводом, полученным в [3] при  $\beta = 0.05$ , что говорит в пользу устойчивости модели ДХСС по отношению к выбору параметров в задачах сравнительного анализа.

### Список литературы

1. Официальная Энергетическая стратегия России на сайте: <http://www.energypolicy.ru/files/Russian%20energy%20strategy%202003.pdf>.

---

<sup>4</sup> Напомним, что согласно модели ДХСС с инвестиционным правилом Хартвика, качественное поведение инвестируемой ренты и подушевого потребления совпадают.

2. Безруких.П.П, Стребков.Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии. М., 2005, изд. ВИЭСХ, 264 с.
3. Андреева А.А., Бажанов А.В. (Andreeva A.A., Bazhanov A.V.) Сценарии перехода к устойчивым темпам добычи нефти в России. MPRA Paper No. 5343, 16 октября 2007 г. Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/5343/>
4. Юсуфов И.В. Стратегия успехов. «Нефть России» 2004, № 3, с. 12-14.
5. Bazhanov A.V. The peak of oil extraction and a modified maximin principle. In: Proceedings of the International Conference “Comparative Institution and Political Economy: Theoretical, Experimental, and Empirical Analysis,” Waseda University, Tokyo, 22-23 December 2006, pp. 99-128. MPRA Paper No. 2019, Mar. 6, 2007 Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/2019/>
6. Bazhanov A.V. The peak of oil extraction and consistency of the government’s short- and long-run policies. Paper presented at the Seminar of School of Economics, Seoul National University, Seoul, 14 March 2007. MPRA Paper 2507. Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/2507/>
7. Bazhanov A.V. The transition to an oil contraction economy. Ecological Economics 2007, 64(1):186-193.
8. Dasgupta P., Heal G. The optimal depletion of exhaustible resources. Review of Economic Studies 1974, 41:3-28.
9. Gaudet G. Natural resource economics under the rule of Hotelling. Canadian Journal of Economics 2007, 40:1033-1059.
10. Hartwick J.M. Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. American Economic Review 1977, 67: 972-974.
11. Nordhaus W.D., Boyer J. Warming the World: Economic Models of Global Warming. MIT Press, Cambridge Mass., 2000. 258 p.
12. Solow R.M. Intergenerational equity and exhaustible resources. Review of Economic Studies 1974, 41: 29-45.
13. Stiglitz J. Growth with exhaustible natural resources: Efficient and optimal growth paths. Review of Economic Studies 1974, 41: 123-137.
14. Worldwide look at reserves and production. Oil & Gas Journal, 2007, 105 (48): 24-25.