

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРОГНОЗИРУЕМОЙ ЦЕНЫ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ ДО 2020 г.**

*Статья посвящена прогнозу цены спроса на товар, которую можно считать двойственной к прогнозу цены предложения. Приводится алгоритм подготовки исходной информации, позволяющий учесть особенности исходных данных, от которых зависит качество оценки параметров модели. Описывается извлечение исходных данных для прогноза цены спроса из данных для построения цены предложения.*

**Необходимость прогнозов цен на годы вперед.** Целью статьи является описание методики расчета цены, двойственной к прогнозу цены предложения. Необходимость прогнозирования цен на годы вперед связана с решением как минимум двух практических проблем. Первая – это оценка крупных инвестиционных проектов, длительные сроки осуществления которых повышают риски, связанные с ошибками в их оценке. Это обусловлено тем, что для оценки проекта используются не цены, в которых он реализуется (они неизвестны в принципе), а некоторые их суррогаты, построенные по данным о ценах, наблюдавшихся в прошлом. В работе [1] показано, что подобные решения приводят к ошибкам. Большим риском для таких проектов является излишний оптимизм в представлении о цене товара. Согласно правилам работы с проектами, для достижения успеха следует ориентироваться на умеренно-пессимистическую стратегию, позволяющую выявить реальную цену, которую потребитель может заплатить за товар. По этой причине цена спроса является исходной в оценке эффективности инвестиционного проекта. Оценка выгод от проекта в ценах спроса, а издержек – в ценах на товары, использованные при построении прогноза цены предложения, позволит избежать крупных ошибок при оценке инвестиционных проектов.

Вторая проблема – это подготовка долгосрочных контрактов на поставки товаров, для которых также важны прогнозы цен на годы вперед. Такие прогнозы выполняют как производители, так и потребители продукции. Заметим, что из-за асимметрии информации производитель может оценить цену спроса, но потребитель сделать этого не в состоянии.

Результатом прогнозирования цен на товар на годы вперед являются цена предложения и цена спроса. Суть цены определяется используемой информацией. Если информация относится к описанию условий производства товара (мощности и их загрузка; издержки производства; риски, связанные с производством), то такой прогноз характеризует цену производителя. Если для обоснования цены используются данные, характеризующие спрос (доходы), то это относится к прогнозу цены спроса.

Значения прогнозов цен спроса и предложения, как правило, не совпадают. Если различие между ними можно считать случайным, то рынок найдет цену равновесия. Проблема возникает при различии, которое нельзя считать случайным. Если разрыв между значениями прогнозов не случаен, то требуется вмешательство государства, направленное, как правило, на «обуздание» appetитов поставщиков. Примером такого действия властей является регулирование тарифов естественных монополий – передачи электроэнергии по сетям<sup>1</sup>. Другой распространенный способ воздействия властей на цены – косвенные налоги и субсидии (отрицательные налоги). Двойственный характер прогнозов цен определяет их происхождение от одного источника – сценария развития экономики.

Для России прогноз цен продавца на электроэнергию до 2025 г. выполнен Агентством по прогнозированию балансов в энергетике (АПБЭ) [3]. В настоящей

---

<sup>1</sup> Читателю, интересующемуся тарифами на электроэнергию, рекомендую прочитать доклад Г.Кутового (см. [2]).

статье излагается построение прогноза цены спроса, который опирается на макро-экономические условия прогноза цены предложения, осуществленного АПБЭ.

В литературе можно найти примеры прогнозов цен предложения и спроса на годы вперед.

В [4] приведен прогноз цен на сталь до 2018 г. в ЕС. Прогнозы цен до 2014 г. на нефть, индексов цен на продовольствие, напитки, продукцию растениеводства, металлы (медь, никель, цинк, олово, железная руда, свинец) и минеральные удобрения представлены в [5], прогноз цен на нефть до 2030 г. – в [6]. Компания «ЭкоСекьюритис» предлагает свои услуги по прогнозированию цен на выбросы CO<sub>2</sub> на период 30-40 лет.

В работе [7] опубликован 57-страничный обзор методов, используемых для краткосрочного прогнозирования цен на электроэнергию – рынок на сутки вперед. Особенностью этих прогнозов является повышенное внимание к отклонениям от тренда, вызываемых, например, погодой. В отличие от них оценка крупных инвестиционных проектов предполагает игнорирование отклонений от тренда и концентрацию внимания на факторах, его определяющих, вне зависимости от того, относится ли это к ценам спроса или предложения.

Принципиальное различие между этими двумя подходами состоит в том, что прогноз цен на сутки вперед осуществляется на основе математических методов, а на годы – экономических. Результат прогноза рынка на сутки вперед – минимум 24 цены (по одной на каждый час суток), а на годы вперед – одна цена на год.

Исходной точкой для данного направления является работа автора [8], в которой изложена концепция нормальных цен как основа для построения прогнозов цен на годы вперед. В другой статье автора [9] приведены результаты тестирования прогнозов цен на 2006-2010 гг., построенных по данным за 1997-2005 гг. Показано, что прогноз, построенный по нормальным ценам, дал заметно лучшие результаты по сравнению с экстраполяцией цен на эти годы. В настоящей статье излагается улучшенный алгоритм прогноза цен спроса по данным 25-ти стран за 1997-2008 гг., что соответствует исходному варианту прогноза АПБЭ.

**Уровень цены и нормальные цены.** Независимой переменной модели, как и в работах автора [8; 9] на эту тему, принят уровень цен:

$$z = p/Y. \tag{1}$$

Он показывает, какая часть ВВП на душу в текущих ценах эквивалентна цене товара (или услуги). Из такого построения уровня цены товара следует, что он является относительной величиной и не содержит однородную инфляцию. На рис. 1 показано расположение ряда стран в пространстве «уровень цен – ВВП на душу» по ППС (международные доллары США определяются по «корзине товаров и услуг» для сравнения покупательной способности национальной валюты с долларом США).

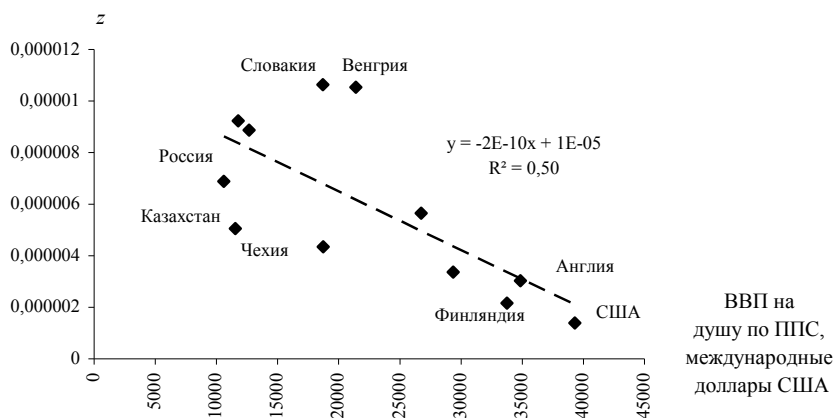


Рис. 1. Уровень цен на электроэнергию для промышленности по странам, средние за 1997-2010 гг.

Обратим внимание, что точки на графике являются средними за период, что исключает влияние особенностей отдельных лет. Из уравнения тренда следует, что различие между странами по уровню цен на 50% определяется их различиями по ВВП на душу по ППС. Принципиально важен отрицательный наклон линии тренда: чем богаче страны, тем ниже в них уровень цен. Самые большие отклонения от тренда («дорогие» страны) в Словакии и Венгрии, самые низкие – в Англии, Финляндии и США. Приведенный пример иллюстрирует основные положения, на которых далее строится прогноз цен на годы вперед:

1) уровень развития экономики характеризует ВВП на душу по ППС, позволяющий сравнивать страны между собой;

2) чем более развита страна, тем (при прочих равных условиях) в ней ниже уровень цен;

3) между уровнем цен и ВВП на душу существует тесная зависимость;

4) отрицательный характер этой зависимости отражает исторический процесс постепенного удешевления товара по отношению ко всей массе товаров по мере экономического развития. Результатом экономического развития является увеличение ВВП на душу населения.

Сформулированные положения отражают зависимости между уровнем цен и ВВП на душу за достаточно продолжительное время. На рис. 1 они построены по средним данным за 1997-2010 гг., что сглаживает даже сильные колебания цен по годам в отдельной стране.

При анализе данных по годам картина может выглядеть существенно иначе, что видно на примере динамики уровня цен в России и динамики уровня цен в Италии, которые направлены в противоположные стороны (рис. 2).

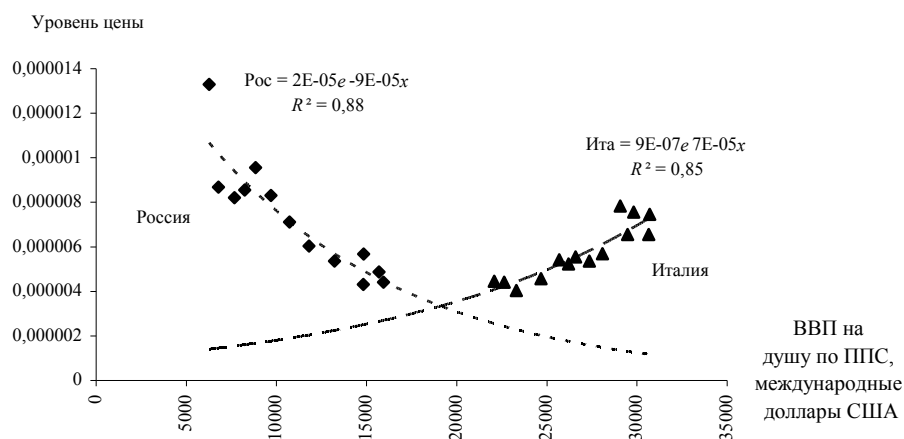


Рис. 2. Динамика уровней цен на электроэнергию для промышленности в России и Италии

Из 25-ти стран, включенных в выборку, кроме Италии, еще в 10-ти странах отмечена тенденция повышения уровня цен во времени. Это означает, что в этих странах, по крайней мере в отдельные годы, наблюдается удорожание электроэнергии относительно всех остальных товаров. Ситуацию по странам характеризует рис. 3, на котором показана зависимость уровня цен от времени. Страны расположены в порядке убывания значений коэффициентов корреляции уровней цен от времени. В центре расположены две страны Новая Зеландия и Испания, уровень цен в которых со временем практически не связан (коэффициенты корреляции близки к нулю). Выше них

расположены страны, в которых уровень цен понижается с течением времени, что соответствует принятой гипотезе. В странах, расположенных ниже Испании, уровни цен увеличиваются во времени, что противоречит этой гипотезе.

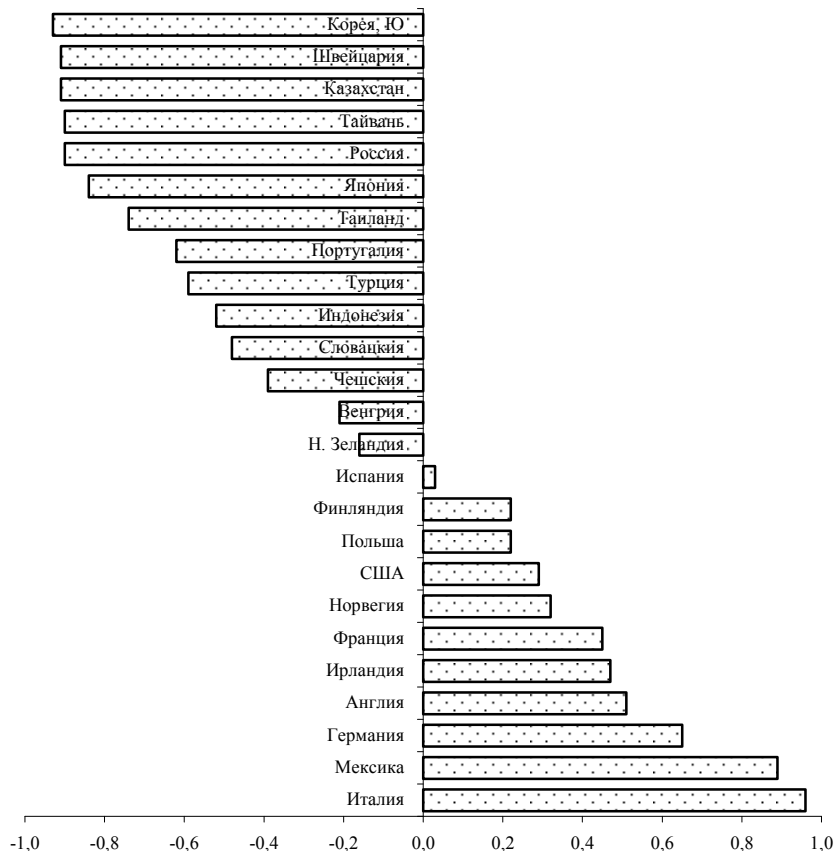


Рис. 3. Коэффициенты корреляции логарифмов уровней цен от времени

Примем зависимость уровня цены для страны от времени существенной для всех  $r^2 \geq 0,5$ . Такая зависимость является следствием экономической политики. К странам с сильной зависимостью уровней цен от времени относятся: Южная Корея, Казахстан, Швейцария, Россия, Тайвань, Япония и Таиланд. В них уровень цен понижается, что характеризует растущую доступность электроэнергии для потребителей. В трех странах – Германии, Мексике и Италии – уровень цен со временем увеличивается, что отражает растущее удорожание электроэнергии по отношению к другим товарам. Остальные 15 стран находятся в состоянии перехода от понижения уровня цен к его росту.

Проведенный анализ показал, что вследствие разделения массива данных на две части, основанного на динамических рядах уровней цен, многие страны попадают во вторую группу. На протяжении 14-ти лет в этих странах наблюдались колебания в политике цен на электроэнергию, что сказалось на ослаблении их связи со временем. По этой причине за основу разделения стран на группы было решено принять сравнение уровней цен в каждой стране за соседние годы. При таком подходе во вторую группу попадают только те годы, в которых наблюдался рост уровня цены,

что означает опережающий рост цен на электроэнергию для промышленности по отношению к ВВП на душу населения.

Отмеченное противоречие, относящееся к зависимой переменной – уровню цены – разрешается путем разделения исходных данных (погодных значений показателей), на две части и использования в расчетах только тех данных, которые соответствуют гипотезе: чем выше ВВП на душу, тем ниже уровень цен. Для проведения расчетов по первой группе стран используются данные по отдельным годам, а по второй – средние за период. Замена погодных данных на средние за период позволяет основывать расчеты на данных, удовлетворяющих принятой гипотезе. Применительно к рис. 2 это означает, что по России используются все данные, а по Италии все точки заменяются на одну – среднюю.

На рис. 4 показано, что годовые значения уровней цен (прозрачные квадраты) и средние значения уровней цен (залитые треугольники) образуют по существу единый массив. Подтверждением этого факта являются практически параллельные тренды, небольшим расстоянием между которыми (в сравнении с шириной массива) можно пренебречь. Это позволяет использовать обе группы данных ( по годам и средние по странам) для оценки параметров модели.

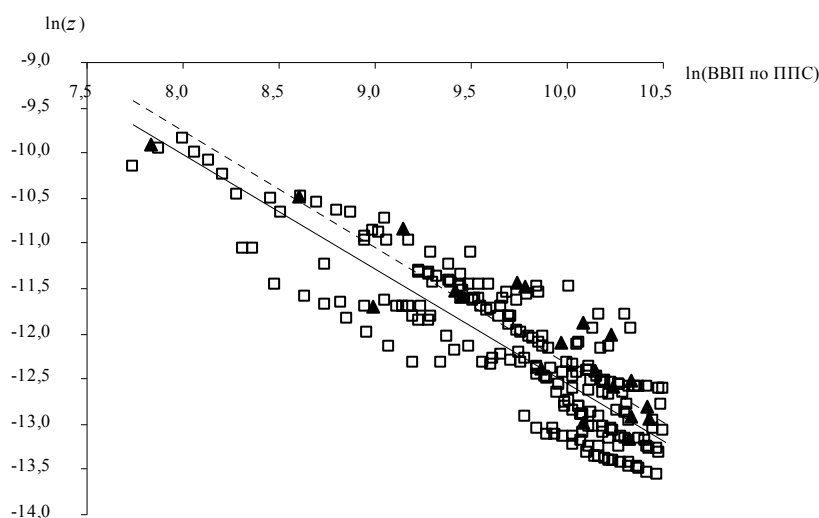


Рис. 4. Один массив из двух групп наблюдений, уровни цен  
□ годы; ▲ средние; — линейный (годы); ---- линейный (средние)

Ширина массива, измеренная как коэффициенты вариации отклонений от трендов, составляет 3% для данных по годам и 8% для средних по странам. Это означает, что при одних и тех же значениях ВВП на душу по ППС значения уровней цен (оба показателя в логарифмах) варьируются в пределах 10% для данных по годам и 25% для средних по странам<sup>2</sup>. Сказанное означает, что показатель ВВП на душу по ППС в основном объясняет различия цен между странами.

Для учета аномалий в значениях  $\ln(z)$  (рост во времени) построим матрицу  $Q$ , каждый элемент которой ( $q_{it}$ , где  $i$  – страна, а  $t$  – год;  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $t = 1, 2, \dots, T$ ) определяется по следующему правилу:

$$q_{it} = 1, \text{ если } z_{it} \leq z_{i,t-1} \text{ не возрастает (пример, Россия – рис. 2);} \quad (2)$$

$$q_{it} = 0, \text{ если } z_{i,t} > z_{it} \text{ возрастает (пример, Италия – рис. 2).}$$

Вектор  $Q$  по каждой стране начинается с 1, а последующие значения зависят от значения  $\ln(z)$  в следующем году: при его росте принимается 0, при отсутствии роста 1.

<sup>2</sup> 3% и 8% - значения стандартных отклонений,  $\sigma$ , для  $\ln(z)$ . Отсюда следует, что при одном и том же значении ВВП на душу в двух странах значения  $\ln(z)$  в них могут различаться в пределах  $3\sigma$ , что составляет 9% и 24% соответственно.

Запишем уравнение регрессии как:

$$Z = A \times X, \quad (3)$$

где  $Z$  – вектор зависимых переменных «страна – год», размерность  $(NT \times 1)$ ;  $A$  – матрица значений независимых переменных размерности  $(NT \times M)$ ;  $X$  – вектор независимых переменных (регрессоров), размерность  $(1 \times M)$ .

Уточнения, связанные с динамикой, позволяют записать модель в следующем виде:

$$Q \times Z = (Q \times A) \times X. \quad (4)$$

Знак « $\times$ » в (4) означает умножение каждой из  $NT$  строк на 1 (информация используется в расчетах в данном виде) или на 0 (информация для расчетов преобразуется из годовых значений в средние за период).

Для оценки параметров уравнения регрессии, разлагающего логарифм уровня цены по факторам, исходный массив разбивается на две части. Первая часть – все строки матрицы, оставляемые для последующих расчетов без изменений. Отличительная особенность этих данных – непротиворечие гипотезе о снижении уровня цены во времени. Эти данные можно обрабатывать как панель. Пусть число таких наблюдений составляет  $F \leq NT$ .

Вторая часть состоит из данных, противоречащих гипотезе о снижении уровня цены во времени по мере возрастания ВВП на душу. Все значения  $\ln(z)$  и соответствующие им значения независимых переменных заменяются на средние арифметические, составленные из исключений. Пусть число стран, по которым выполнены такие замены, равно  $G \leq N$ .

В результате число наблюдений, по которым оцениваются параметры модели, сокращается с  $NT$  до  $F+G$ .

Наблюдения, попавшие во вторую часть, являются средними арифметическими из отобранных членов динамического ряда по стране.

В результате структура исходных данных за 1997-2010 гг. выглядит следующим образом: всего наблюдений – 337; осталось без изменений – 249; заменено на средние по стране – 88; число стран с заменами на средние – 13; число наблюдений для оценки параметров – 262.

Построенная модель оказывается несбалансированной панелью по двум причинам. Первая – это отсутствие данных о ценах на электроэнергию для промышленности по некоторым странам за отдельные годы (по Финляндии число пропущенных лет – 1 год (2006 г.); по Индонезии – 2 (2009-2010 гг.); по Японии – 1 (2008 г.); по Южной Корее – 1 (2010 г.); по Норвегии – 3 (1997-1999 гг.); по России – 1 (1997 г.); по Тайваню – 2 (2009-2010 гг.); по Таиланду – 2 (2009-2010 гг.); всего число пропущенных лет – 13. Вторая причина – это вынужденная замена годовых данных на их средние по отдельным странам.

**Независимые переменные модели.** Представление уровня цены товара (в логарифмах,  $\ln(z)$  как суммы международной ( $\ln(\text{Int})$ ) и национальной ( $\ln(\text{Nat})$ ) составляющих определило структуру модели:

$$\ln(z) = \ln(\text{Int}) + \ln(\text{Nat}) = \ln(p) - \ln(Y), \quad (5)$$

откуда

$$\ln(p) = [\ln(\text{Int}) + \ln(Y)] + \ln(\text{Nat}), \quad (6)$$

где  $\ln(p)$  и  $\ln(Y)$  – логарифмы цены и ВВП на душу в текущих ценах.

Выражение в прямых скобках в правой части равенства (6) назовем нормальной ценой товара.

Международная составляющая в (7) описывается переменными, относящимися ко всем странам (прямые скобки), а национальная – только к отдельной стране (фигурные скобки):

$$\ln(z) = [\alpha_1 \times \ln(V) + \alpha_2 \times \ln(I) + \alpha_3 \times \text{Nuc} + \alpha_4 \times \text{Hyd} + \alpha_5 \times \ln(\text{Oil}) + \alpha_6 \times \text{Cold} + \sum_i \alpha_7 i \times t + \text{Const}] + \{\sum_k \beta_k \times w_k + \varepsilon\}. \quad (7)$$

Особенность модели (7) состоит в том, что в таком виде она записана для наблюдений, представленных данными, относящимися к отдельному году. По тем странам, по которым годовые значения заменены на средние, коэффициенты  $\alpha_7 i = 0$ .

Выражение в квадратных скобках в (7) определяет значение международной составляющей уровня цены товара: значения факторов по каждой стране взвешиваются по весам, единым для всех стран.

Независимыми переменными, определяющими значение международной составляющей уровня цены товара ( $\text{Int}$ ), являются следующие.

ВВП на душу (характеризуют две переменные):

1.  $V$  – по ППС в долларах;

2.  $I = V/Y$ , где  $Y$  – ВВП на душу в текущих ценах, пересчитанных из национальной валюты в доллары по рыночному курсу национальной валюты. Для США это отношение всегда равно 1 [10].

3 и 4. Структура выработки электроэнергии, ее характеризуют доли, приходящиеся на АЭС и ГЭС, на которых себестоимость электроэнергии существенно меньше, чем на тепловых электростанциях. По этой причине, чем больше доля электроэнергии, вырабатываемой на АЭС и ГЭС, тем ниже ее цена. При этом эти два типа станций играют разную роль в общем балансе электроэнергии: АЭС работают в самом безопасном базовом режиме и вырабатывают одно и то же количество электроэнергии каждый час суток, а энергия ГЭС используется для покрытия пикового спроса [11].

5. Цена нефти на мировом рынке, используемая как точка отсчета цен. К ней «привязаны» цены на все виды топлива, используемые для выработки электроэнергии. В модели цены на нефть внутри года приняты одинаковыми для всех стран [12].

6. Искусственная переменная (Cold) введена ввиду необходимости выделения стран, расположенных в холодном климате – Норвегии, Финляндии и России. Коэффициент при альтернативной переменной – «тропические страны» оказался статистически незначимым.

7. Особенности лет. Для каждого года вводится искусственная переменная, у которой 1 соответствует данному году, а всем остальным годам – 0. Особенности выявлены только для 1998 г., отличительной чертой которого являются самые низкие цены на нефть.

Эти семь групп переменных определяют значение международной составляющей, функцией которой является нормальная цена.

**Независимые переменные, определяющие национальную составляющую уровня цены товара (Nat).** На рис. 5 в качестве примера показана динамика цен в трех странах: Португалии, Испании и Германии, для каждой из которых на графике приведены коэффициенты корреляции между  $\ln(z)$  и временем.

В Португалии наблюдаются три вида ценовой политики: снижения (до 2004 г.), роста (2005-2007 гг.) и стабилизации (2008-2010 гг.).

Испания и Германия – пример стран, в которых произошел перелом тенденции со снижения уровня цены на его рост. Такой перелом ясно выражен в Германии с 2001 г. В Испании траектория роста уровня цены электроэнергии для промышленности выражена значительно слабее, чем в Германии.

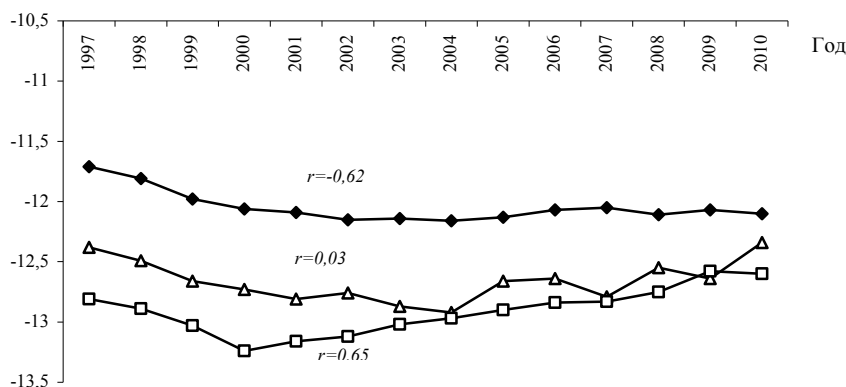


Рис. 5. Динамика уровней цен:  
 ◆ – Португалия; △ – Испания; □ – Германия

Такие различия в динамике данных по странам определили необходимость учета особенностей стран в процессе расчетов. Выявление ярких особенностей стран, под которыми понимаются не случайные отклонения  $\ln(z)$  от тренда, проходило в два шага. На первом шаге по странам, расположенным на заметном удалении от тренда (Казахстан, Финляндия, Франция и Япония), были введены искусственные переменные (1 – для выбранной страны, 0 – для всех остальных стран). Такие переменные называют «фиксированные эффекты». В таких странах значения уровня цен отличаются от теоретических для этих стран (тренда) на постоянную величину. На втором шаге в модель вводились искусственные переменные для наблюдений, по которым стандартизован-

ные остатки регрессии по абсолютной величине были не меньше двух стандартных отклонений. Знак перед единицей в искусственной переменной совпадал со знаком стандартизированного остатка регрессии по данному наблюдению. Такое решение означает аппроксимацию ярких особенностей стран вместо фиксированных эффектов (отклонения от тренда одинаковы по годам) кусочно-линейной функцией (отклонения от тренда по годам в стране напоминают ступени лестницы).

Введение таких переменных сопровождалось понижением стандартной ошибки регрессии, которая показывает разброс фактических значений (в нашем случае  $\ln(z)$ ) вокруг их значений, рассчитанных по уравнению регрессии. Пределы для введения дополнительных искусственных переменных на втором шаге определялись наличием стандартизированных остатков регрессии не менее двух по абсолютной величине и (или) отсутствием заметного (во втором знаке после запятой) уменьшения стандартной ошибки регрессии. Из 25-ти стран в дополнение к четырем странам, по которым введены фиксированные эффекты, введено 16 искусственных переменных, относящихся к выбросам за пределы двух сигм. Они охватывают информацию по отдельным наблюдениям девяти стран (Англия, Германия, Ирландия, Португалия, Россия, Словакия, Таиланд, Турция и Швейцария).

С формальной точки зрения, эта процедура представляет собой аппроксимацию отклонений фактических значений  $\ln(z)$  от предсказанных регрессией (тренда) с помощью кусочно-линейной функции по тем годам, по которым наблюдаются такие отклонения. Фиксированные эффекты (отклонения по всем годам на постоянную величину) предполагают постоянство политики в отношении цен на электроэнергию для промышленности на протяжении всех 14 лет. На рис. 3 видно, что в 16-ти странах из 25-ти уровни цен зависят от времени менее чем на 50%. Это означает, что в этих странах на протяжении периода (1997-2010 гг.) политика цен на электроэнергию изменялась хотя бы однажды.

**Результаты оценки параметров модели для определения международной составляющей уровня цен.** Результаты оценки этих параметров приведены в табл. 1. Два последних столбца характеризуют надежность оценки каждой из основных независимых переменных, определяющих значение международной составляющей уровня цены электроэнергии для промышленности. Значения  $t$ -статистики определяются выборкой. По ним рассчитывается вероятность реализации нулевой гипотезы (в таблице даны в промилле), предполагающей равенство нулю коэффициентов регрессии. Из таблицы следует, что эти вероятности существенно меньше 1/1000.

Таблица 1

Значения параметров для оценки  $\ln(\text{Int})$

Оцениваемый период	1997-2010 гг.			
<i>F</i> -statistic (27; 209)	4111			
Вероятность нулевой гипотезы	$p < 0.0000$			
Стандартная ошибка регрессии	4,75%			
	Коэффициент	Стандартная ошибка коэффициента	Значение $t$ -статистики	Вероятность нулевой гипотезы, ‰
Свободный член	-1,20	0,09	-12,7	0,00
LN_V	-1,20	0,01	-127,8	-
LN_I	0,35	0,01	25,4	-
NUC	-0,15	0,02	-6,6	0,00
HYD	-0,21	0,02	-11,7	0,00
LN_OIL	0,20	0,01	31,4	-
COLD	-0,54	0,01	-47,8	-
T1998	0,16	0,01	12,5	0,00



Параметры модели почти на 99% определяют различия между странами по уровню цен на электроэнергию для промышленности. Высокая надежность полученных оценок подтверждается значением  $F$ -статистики ( $F=4111$ ), которое указывает на ничтожную вероятность реализации нулевой гипотезы. Важный результат расчетов – значение стандартной ошибки регрессии 4,75%. Предполагается, что она останется таковой и в прогнозируемом периоде (2008-2020 гг.).

Коэффициент  $-1,20$  при переменной  $\ln(I)$  означает, что с ростом ВВП на душу населения по ППС на 1% уровень цены электроэнергии ( $\ln(z)$ ) снижается на 1,2%. В противоположном направлении действует влияние Индекса ( $\ln(I)$ ), особенно сильное по развивающимся странам и странам с переходной экономикой, поскольку по ним его значения существенно отличаются от нуля. В отличие от коэффициента при  $\ln(I)$  коэффициент при  $\ln(I)$  оценен существенно менее надежно:  $p$ -value = 0,12. Значительное влияние курса рубля на развитие экономики России делает необходимым учитывать значение Индекса при построении прогноза.

Рост цены нефти на мировом рынке на 1% увеличивает цену электроэнергии на 0,2%.

С ростом доли электроэнергии, вырабатываемой на АЭС и ГЭС, уровень цены электроэнергии понижается. Увеличение доли ГЭС в выработке электроэнергии на 1% приводит к снижению цены электроэнергии для промышленности на 0,21%, а то же по АЭС – на 0,15%.

В странах с холодным климатом (Финляндия, Норвегия и Россия) уровень цены электроэнергии на треть ниже (коэффициент при Cold =  $-0,32$ ) по сравнению со странами, расположенными в умеренном климате. Значение  $t$ -статистики ( $-20$ ) не оставляет сомнений в надежности полученной оценки.

Как отмечено выше, попытка выделить в отдельную группу страны с тропическим климатом дала отрицательный результат: коэффициент корреляции при ней статистически незначим. Это можно считать еще одним подтверждением влияния холодного климата на цену электроэнергии.

Особенности лет по данным за период 1997-2010 гг. выявлены только для 1998 г. – это самые низкие цены на нефть и девальвация рубля.

**Определение национальных составляющих.** Замена части данных, относящихся к годам, в каждом из которых наблюдался рост уровня цены, на средние значения, привела к сокращению числа наблюдений, по которым выполнена оценка параметров регрессии. В этих условиях невозможно рассчитать значения национальных составляющих уровней цен прямым счетом как сумму национальных особенностей и остатка регрессии. По этой причине значения логарифмов национальных составляющих по всем наблюдениям определяются как:

$$\ln(\text{Nat}) = \ln(z) - \ln(\text{Int}). \quad (8)$$

$\ln(\text{Int})$  рассчитывается по всем наблюдениям путем взвешивания значений независимых переменных с помощью весов из табл. 1.

Отклонения цен от нормальных значений – национальные составляющие – (левая часть (8)), объединены в девять групп (табл. 2). В центральную группу объединены страны, цены в которых приняты за нормальные. Нормальные цены, по определению, приходятся на наблюдение, по которому значение логарифма национальной составляющей равно нулю, что является крайне жестким условием. Смягчим это требование и отнесем к числу стран с нормальными ценами те из них, в которых отклонения от нормальных цен по всем наблюдениям лежат в пределах  $\pm 0,10$  от центра, где  $\ln(z) = 0$ . Ширину шага в 0,2 используем для формирования ценовых зон, представленных в табл. 2. Каждой группе цен дадим название, подчеркнув исключительность крайних групп: «подарки» для самого существенного отклонения от нормальных цен в сторону

их понижения (не менее чем в два раза ниже нормальной цены)<sup>3</sup> и «запредельные» – для самого значительного отклонения от нормальных цен в большую сторону (более чем в два раза выше нормальных цен).

Таблица 2

Распределение  $\ln(\text{Nat})$  по ценовым зонам

Группа цен	Особенность цен	Граница особенностей	
		верхняя	нижняя
-4	«Подарки»	<-0,70	
-3	Очень низкие	-0,70	-0,51
-2	Низкие	-0,50	-0,31
-1	Пониженные	-0,30	-0,11
0	Нормальные	-0,10	0,10
1	Повышенные	0,11	0,30
2	Высокие	0,31	0,50
3	Очень высокие	0,51	0,70
4	Запредельные		>0,70

В табл. 3 приведено распределение отклонений цен от нормальных по 25-ти странам за 1997-2010 гг. Каждое наблюдение относится к одной стране и одному году. Страны расположены в порядке постепенного удорожания электроэнергии для промышленности.

Числа в поле табл. 3 означают число лет, в которые наблюдалось такое отклонение от нормальных цен. Так, в Казахстане все 14 лет цены были ниже нормальных, в том числе 11 лет можно квалифицировать как «подарки» (-4), а три года как «очень низкие» (-3). Обратим внимание на то, что основная масса дешевой электроэнергии в Казахстане вырабатывается на местном угле.

Таблица 3

Распределение  $\ln(\text{Nat})$  по отклонениям от нормальных цен, 1997-2010 гг.

Страна	Группа цен из табл. 4									Число лет
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	
Казахстан	11	3	0	0	0	0	0	0	0	14
Новая Зеландия	0	5	5	4	0	0	0	0	0	14
Индонезия	0	2	3	5	2	0	0	0	0	12
США	0	0	5	9	0	0	0	0	0	14
Корея, Ю	0	0	1	11	1	0	0	0	0	13
Франция	0	2	8	0	2	2	0	0	0	14
Норвегия	0	1	0	1	5	4	0	0	0	11
Тайвань	0	0	0	0	12	0	0	0	0	12
Таиланд	0	0	0	1	9	2	0	0	0	12
Россия	0	0	2	1	8	2	0	0	0	13
Англия	0	0	4	4	1	5	0	0	0	14
Польша	0	0	4	2	5	2	0	1	0	14
Германия	0	0	3	3	4	4	0	0	0	14
Испания	0	0	0	6	5	3	0	0	0	14
Мексика	0	0	3	3	1	7	0	0	0	14
Ирландия	0	0	1	3	4	5	0	1	0	14
Швейцария	0	0	0	0	10	4	0	0	0	14
Финляндия	0	0	0	0	4	8	0	1	0	13
Чехия	0	0	0	0	5	6	0	2	1	14
Словакия	0	0	0	0	2	8	0	1	3	14
Венгрия	0	0	0	0	1	9	0	3	1	14
Турция	0	0	0	0	0	10	0	4	0	14
Италия	0	0	0	0	0	4	0	5	5	14
Япония	0	0	0	0	0	11	0	2	0	13
Португалия	0	0	0	0	0	14	0	0	0	14

<sup>3</sup> Отклонения от нормальных цен в процентах определяются как  $100x(\ln(\text{Nat}) - 1)$ .

В США все 14 лет цены были ниже нормальных. Топливо для электростанций США не импортируют; импортируют нефть, но цены на моторное топливо также установлены ниже нормальных [13, p. 23].

Южная Корея в отличие от США вынуждена импортировать топливо для своих электростанций. Удержание цен на уровне ниже нормальных отражает направленность экономической политики на поддержание роста. В настоящее время обсуждаются меры по сдерживанию спроса на электроэнергию, включая налог на импортируемый уголь для электростанций [14].

Казахстан, Новую Зеландию, Индонезию и Южную Корею можно отнести к числу стран с пониженными ценами на электроэнергию для промышленности: ни в одном году из 14 не был зарегистрирован случай превышения нормальных цен.

Единственной страной, цены в которой можно считать нормальными, является Тайвань. В Швейцарии в рассматриваемом периоде наблюдалось постепенное подорожание электроэнергии относительно других товаров.

К странам с повышенными ценами на электроэнергию для промышленности следует отнести: Финляндию, Чехию, Словакию, Венгрию, Турцию, Италию, Японию и Португалию. Эти страны, как и Южная Корея, импортируют топливо для электростанций, однако в отличие от нее придерживаются стратегии повышенных цен на электроэнергию. В этих странах в течение 14-ти лет не было года, когда цены опускались бы ниже нормальных.

Россия относится к числу стран, меняющих экономическую политику в отношении цен на электроэнергию. В России наблюдается стремление к удорожанию электроэнергии, особенно заметное в 2009 и 2010 гг. Аналогичную политику проводят еще две страны из числа обеспеченных собственными энергоресурсами – Норвегия и Польша (рис. 6).

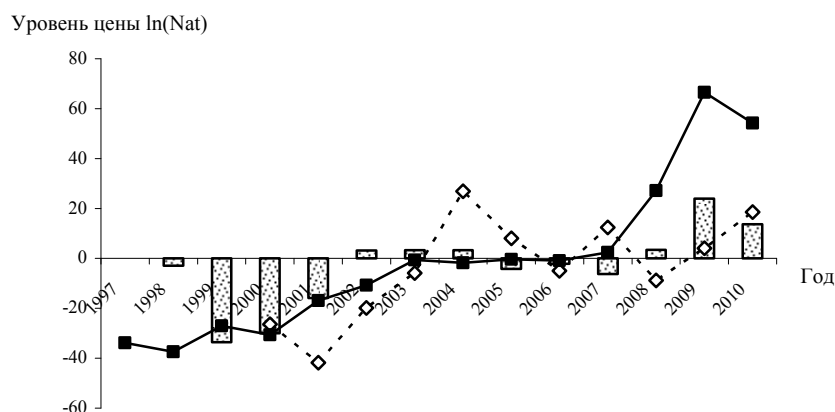


Рис. 6. Значения  $\ln(\text{Nat})$ :  
 ■ Россия; --◇-- Норвегия; —■— Польша

Обращает на себя внимание ощутимый отрыв от нормальных цен во всех трех странах в 2008-2010 гг. Особенно заметным он был в Польше. Отличие России от этих стран состоит в том, что она является континентальной и вынуждена перевозить основную массу грузов дорогим сухопутным транспортом. США, расположенные между двумя океанами, держат цены на энергию низкими, создавая дополнительное конкурентное преимущество для своей экономики. Высокие цены на энергию может позволить себе Норвегия, где подавляющая часть грузов перевозится морским транспортом, однако этому не следуют расположенные на островах Новая Зеландия и Тайвань.

**Построение прогноза цен спроса, увязанного с прогнозом цен предложения.** Прогноз цен предложения выполнен АПБЭ при предпосылках, изложенных на сайте Агентства [3]. Расчеты, привязывающие к ним значения параметров модели (7), приведены в табл. 4.

Таблица 4

## Привязка исходных данных для прогноза цен спроса к данным АПБЭ

Год	ВВП, текущие цены, млрд. руб.	АПБЭ, ВВП, %	АПБЭ, ИПЦ	АПБЭ курс руб./ долл.	ВВП, текущие цены, млрд. долл.	Конверсия. долл./руб. ППС	ВВП (по ППС) на душу, млрд. долл.	Население, млн. чел.
А	1	2	3	4	5=1/4	6	7=1/6	8
2008	41277	-	-	-	1661	18,14	2276	142,80
2009	42464	-7,9	111,7	31,7	1340	19,39	2191	142,70
2010	47077	4,0	106,6	30,4	1549	20,64	2281	142,90
2011	52930	4,2	107,9	30,5	1735	21,89	2419	142,41
2012	58128	3,9	105,7	30,7	1893	23,14	2513	141,92
2013	64024	4,5	105,4	31,0	2065	24,39	2626	141,44
2014	70587	5,0	105,0	31,5	2241	25,64	2754	140,96
2015	77820	5,5	104,5	31,7	2455	26,89	2895	140,47
2016	85546	5,7	104,0	32,0	2673	28,14	3041	139,94
2017	93861	5,5	104,0	32,3	2906	29,39	3194	139,42
2018	102294	5,4	103,4	32,7	3128	30,64	3339	138,89
2019	111268	5,4	103,2	32,8	3392	31,89	3490	138,40
2020	121144	5,5	103,2	33,8	3584	33,14	3656	137,90

*Примечание.* Жирным шрифтом выделены данные АПБЭ, а курсивом – рассчитанные автором.

Вначале определяется ВВП в текущих ценах (гр. 1). Данные за 1998-2008 гг. – фактические. В графах 2 и 3 приведены соответственно темпы прироста ВВП и индекс потребительских цен, принятые АПБЭ для построения прогноза цен предложения. Прогнозные значения ВВП для 2009-2020 гг. определялись цепным способом как:

$$y(t) = y(t-1) \times \text{гр. 2}(t) \times \text{гр. 3}(t), \quad (9)$$

где  $t$  – прогнозный год.

ВВП в текущих ценах в долл. США (гр. 5) определен делением его значения в рублях на курс рубля к доллару, принятый АПБЭ (гр. 4). На 2009 г. приходится перелом, вызванный кризисом.

Курс рубля к доллару США по ППС (гр. 6) экстраполируется на 2009-2020 гг. по динамическому ряду за 1998-2008 гг. На 2009-2020 гг. принято ежегодное удорожание доллара на 1,25 руб., что соответствует его фактической динамике в 2009-2012 гг. Принципиально важный вывод состоит в удешевлении рубля по отношению к доллару. Поскольку целью работы является обоснование цены спроса, привязанной к цене предложения, то приходится игнорировать такие события, как значительное изменение курса рубля и падение цен на нефть, которые произойдут в прогнозируемом периоде. Учет этих обстоятельств важен для прогноза цен спроса, построенного на реальном сценарии.

Численность населения (гр. 8) принята по базе данных Международного валютного фонда (МВФ) на 1998-2018 гг. На 2019 и 2020 г. сохранено ежегодное сокращение численности населения на 0,5 млн. чел., заложенное в расчетах МВФ, заканчивающихся 2018 г.

В табл. 5 представлены значения независимых переменных эконометрической модели, основанные на данных табл. 4. Следует обратить внимание на то, что в табл. 5 продолжается нумерация граф, начатая в табл. 4. Это позволяет указать в шапке графы алгоритм ее формирования, например, графа 11 это отношению чисел в графах 5 и 8.

Значения показателей в гр. 9-11 являются расчетными. Индекс (гр. 9) есть отношение двух курсов валют: рыночного и паритета покупательной способности. Значения независимой переменной модели – ВВП на душу населения – приведены в гр. 10 и 11.

Доли электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС и АЭС (гр. 12 и гр. 13, получены на основе экстраполяции сложившихся тенденций. Предполагается, что остальная электроэнергия будет вырабатываться на тепловых электростанциях. Никаких революционных изменений по повышению доли электроэнергии из возобновляемых источников не предусмотрено: страна хорошо обеспечена топливом, что позволяет получать достаточно

дешевую электроэнергию. За электроэнергию из новых возобновляемых источников придется больше платить, что сказывается на ценах в Европе.

Таблица 5

Значения переменных для построения прогноза уровня цен на электроэнергию для промышленности

Год	<i>I</i> – Index	<i>V</i> – ВВП на душу, ППС, тыс. долл.	<i>Y</i> – ВВП на душу, долл. США	Доля ГЭС	Доля АЭС	Цена нефти, долл./барр.
	9=7/5	10 =7/8	11=5/8	12	13	14
2008	1,37	15,94	11,63	0,17	0,16	94,0
2009	1,64	15,35	9,39	0,17	0,16	<b>94,4</b>
2010	1,47	15,97	10,84	0,17	0,16	61,1
2011	1,39	16,98	12,19	0,18	0,17	78,2
2012	1,33	17,70	13,34	0,18	0,17	109,4
2013	1,27	18,56	14,60	0,18	0,17	110,5
2014	1,23	19,53	15,90	0,17	0,17	107,9
2015	1,18	20,61	17,48	0,17	0,17	<b>107,4</b>
2016	1,14	21,73	19,10	0,16	0,17	106,9
2017	1,10	22,91	20,84	0,16	0,17	106,4
2018	1,07	24,04	22,52	0,15	0,17	106,0
2019	1,03	25,21	24,51	0,15	0,17	105,5
2020	1,02	26,51	25,99	0,15	0,17	<b>105,0</b>

Цены на нефть для 2009, 2015 и 2020 г. взяты из данных АПБЭ и интерполированы между этими годами для других лет.

**Обоснование  $\ln(Nat)$  на 2009-2020 гг.** Из 25-ти стран, по которым были исследованы цены на электроэнергию за 1997-2010 гг., выше нормальных оказались цены в Венгрии, Италии, Португалии, Словакии, Чехии и Японии, импортирующих топливо для электростанций; ниже нормальных – в Индонезии, Казахстане, Южной Корее, Новой Зеландии и США.

Обращает на себя внимание, что в Тайване и Южной Корее, несмотря на импорт топлива для электростанций, цены на электроэнергию удерживаются на уровне нормальных (Тайвань) и ниже (Южная Корея).

Исходя из особенностей экономики России, определяемых значительным удельным весом энергоемких производств и огромной территорией, цены на все виды энергии следует поддерживать на пониженном уровне [15]. Континентальный характер страны определяет господствующую роль сухопутного транспорта, что повышает его долю в себестоимости. Пониженные цены на энергию позволяют хотя бы частично снизить затраты на дорогой сухопутный транспорт. Сказанное означает, что даже равенство национальной составляющей нулю в прогнозе цены на электроэнергию для промышленности России будет означать отказ от идеи пониженных цен.

**В заключение** следует отметить, что прогноз цен предложения и спроса важен для снижения риска завышенной оценки инвестиционных проектов. При оценке инвестиционного проекта продукция, намечаемая к производству, должна оцениваться в ценах спроса, а затрат – в ценах, использованных для подсчета издержек при прогнозировании цен предложения.

Прогноз цен спроса и предложения делается в определенных экономических условиях, отражаемых в сценарии развития экономики. Общая основа прогнозов цен делает их двойственными по отношению друг к другу.

Подробное описание построения прогноза цены предложения, двойственной к цене спроса, является схемой, по которой заинтересованный читатель сможет выполнить соответствующие расчеты.

Литература

1. Velez-Pareja I. *Project Evaluation In An Inflationary Environment*.
2. Куповой Г. О структуре торговых отношений в электроэнергетике и предложения по ценовой политике / 24 июня 2014. [В Интернете]. Available: <http://www.ecfor.ru/index.php?pid=seminar/energo>. [Дата обращения: 4 янв 2014].
3. ЗАО «АИБЭ». *Сценарные условия развития электроэнергетики на период до 2030 года*. 2012. [В Интернете]. Available: [http://www.e-apbe.ru/5years/pb\\_2011\\_2030/scenary\\_2010\\_2030.pdf](http://www.e-apbe.ru/5years/pb_2011_2030/scenary_2010_2030.pdf). [Дата обращения: 13 02 2013].
4. MEPS (international) Ltd. *Steel Price Forecasts to 2018 / European Union*. Sheffield, 2014.
5. Oxford Economics. *Oil Price Outlook to 2030*. 6 2010. [В Интернете]. Available: [oxfordeconomics.com/publication/download/214140](http://oxfordeconomics.com/publication/download/214140). [Дата обращения: 14 8 2014].
6. Oxford Economics. *Commodity Price Forecasts: September 2012*. 2012. [В Интернете]. Available: <http://www.oxfordeconomics.com>. [Дата обращения: 4 jan 2014].
7. Weron R. *Electricity Price Forecasting: A Review of State-of-the-Art with a Look into the Future*. Hugo Steinhaus Center. Wroclaw, 2007.
8. Коссов В.В. Относительные цены как инструмент среднесрочного прогнозирования оптовых цен (на примере цен на электроэнергию) // *Проблемы прогнозирования*. 2005. № 6.
9. Коссов В.В. Среднесрочное прогнозирование цен (на примере электроэнергии для промышленности) // *Проблемы прогнозирования*. 2014. № 5.
10. *World Economic and Financial Surveys / World Economic Outlook Database* <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2012/02/weodata/index.aspx>
11. *ELA /Total Net Generation; Hydroelectricity; Nuclear (Billion Kilowatthours)*. [www.eia.gov](http://www.eia.gov).
12. *ELA International Energy Statistics* / <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm#>
13. Kossov V. и Kossova E. *International Dispersion of Retail Diesel Fuel Prices and the Estimation of Normal Price Values*. 22 mart 2013. [В Интернете]. Available: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2236157](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2236157).
14. Kay A. *South Korea Looks to Taxes and Price Hikes to Cut Electricity Use*. 27 November 2013. [В Интернете]. Available: <https://savareport.com/south-korea-looks-taxes-price-hikes-cut-electricity-use/>. [Дата обращения: 7 фев 2015].
15. Коссов В. Дорогое горючее как угроза целостности России // *ЭКО*. 2013. № 3.