

Л.В. Эдер

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕРГЕНЦИИ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ЭКОНОМИК МНОЖЕСТВА СТРАН

Анализ современного состояния и прогнозирование энергетики являются одними из ключевых составляющих при формировании долгосрочной политики устойчивого развития экономики страны в целом. Важным фактором здесь является взаимосвязь развития энергетики и экономики.

Ранее автором было показано, что для прогнозирования энергопотребления как для развитых, так и для развивающихся стран необходимо комплексирование ряда моделей (рис. 1) [1, 2]. Так, анализ показал, что динамика энергоемкости ВВП развитых стран хорошо описывается трендовыми моделями. Однако для оценки уровней долгосрочного энергопотребления на ближайшие десятилетия, использование трендовых моделей явно недостаточно для построения адекватного прогноза потребления энергоносителей развивающихся стран. Здесь необходимо учитывать специфику долгосрочного развития развитых стран, поэтому рациональнее использовать многофакторную пространственную модель. В результате построение многофакторной модели на основе задания изменения управляющих параметров позволило определить ориентиры для развития энергопотребления развивающихся стран.

Корректировка полученных прогнозных уровней энергоемкости стран может осуществляться с учетом модели конвергенции. Применение оригинальной модели к конвергенции удельного энергопотребления по странам и регионам позволяет проводить оценку скорости изменения спроса на энергию на единицу ВВП во времени, что является ключевым звеном в процессе прогнозирования энергопотребления.

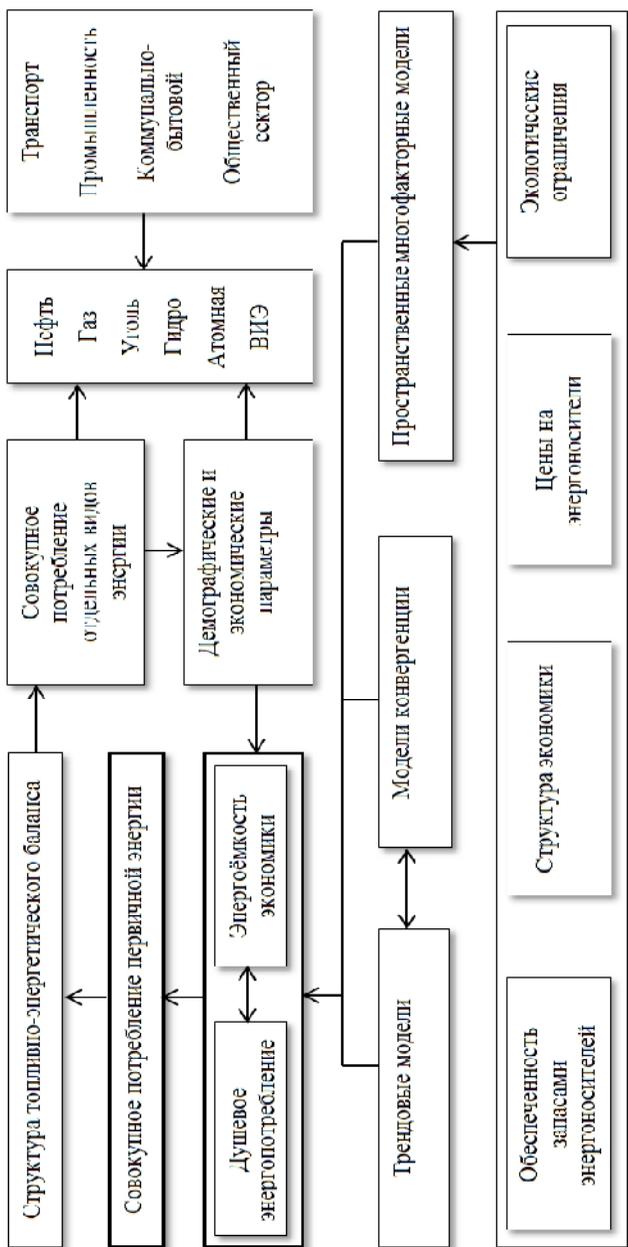


Рис. 1. Принципиальная схема прогнозирования энергопотребления

Источник: составлено автором

Сходимость рядов энергопотребления на основе использования модели β -конвергенции

Вопрос о наличии сходимости между странами с разными уровнями экономического развития возник в 1960–1970-е годы, что связано с появлением модели экономического роста Солоу [3]. Термин «бета-конвергенция» был введен Х. Sala-i-Martin [4]. Значительное внимание проблематике конвергенции экономических показателей в России, прежде всего, в региональном разрезе уделяется в работах Е.А. Коломак [5], С.В. Дробышевского [6], С.А. Кириллова и др. [7]. Последние годы появилось значительное количество работ, посвященных исследованию конвергенции в энергетике.

Как правило, результаты, представленные в существующей литературе либо отвергают сходимость, либо говорят о существенной ограниченности конвергенции энергоемкости. Mulder и De Groot [8] отвергли гипотезу о глобальной конвергенции, авторами показано наличие конвергенции на локальном региональном уровне. Miketa и Mulder проводили исследование β -конвергенции энергоемкости по различным отраслям промышленности различных регионов мира и пришли к аналогичному выводу [9]. Markandya [10] исследовал энергоемкость в странах с переходной экономикой Восточной Европы и установили некоторые признаки сходимости к значениям энергоемкости в странах ЕС-15. В то же время отмечаются существенные различия в скорости β -сходимости. Ortiz et al. [11] опираясь на сигма и бета-конвергенцию, показал и только частичную сходимость энергоемкости экономики государств-членов ЕС. Quah [12] подчеркивает несостоятельность критериев сигма и бета-конвергенции для анализа сходимости временных рядов. Он утверждает, что эти критерии не являются достаточными и могут привести нас к ошибочному выводу в пользу сближения динамики энергоемкости, например, в случае разнонаправленного сближения временных трендов энергоемкости.

Используя классические подходы, в работе предлагается ряд решений, с помощью которых можно получить хорошие результаты, позволяющие продемонстрировать наличие сходимости. Традиционно скорость абсолютной бета-конвергенции оценивается:

$$\frac{\ln y_{i,T} - \ln y_{i,0}}{T} = \delta + b * \ln y_{i,0} + \varepsilon_i \quad (1)$$

где $y_{i,T}$ и $y_{i,0}$ – показатели дохода на душу населения в конечный и первоначальный момент времени; δ – константа; ε – случайное отклонение; b – коэффициент, характеризующий процесс бета-конвергенции; i – регион или страна мира; T – длина исследуемого временного интервала. Если $b < 0$, то наблюдается конвергенция, если $b > 0$ – дивергенция.

С использованием модели бета-конвергенции могут быть определены ее характеристики: ежегодная скорость бета-конвергенции (β) и время (τ) преодоления половины расстояния необходимое для сокращения межрегионального (межстранового) неравенства по рассматриваемому показателю.

$$\beta = -\frac{\ln(1 + T * b)}{T} \quad (2)$$

$$\tau = \frac{\ln(2)}{\beta} \quad (3)$$

По существу под бета-конвергенцией понимается зависимость темпов роста (снижения) показателя во времени в зависимости от его первоначального уровня. Это означает, что со временем происходит сближение значений рядов рассматриваемых показателей.

Для энергоемкости это можно записать как соотношение:

$$v = \delta + b * y_{i,0} + \varepsilon_i, \quad (4)$$

где v – скорость сокращения энергоемкости по рассматриваемым объектам во времени.

В работе было предложено рассмотреть несколько показателей, характеризующих скорость изменения во времени. Это связано с несколькими основными факторами.

Как было показано ранее, существует значительное количество литературы, показывающей отсутствие бета и сигма-сходимости энергоемкости экономики по регионам. Доказывается, что, как правило, начальный уровень энергоемкости экономики слабо связан с динамикой его последующего снижения.

В существующей литературе принцип, который был заложен при расчете сходимости – это рассмотрение одинакового количества лет, в течение которого рассматривались тренды энергоёмкости.

В то же время, по мнению автора, сходимость энергоёмкости – скорость снижения энергоёмкости в зависимости от начального значения страны или региона – необходимо рассматривать не в течение равных отрезков времени, а с момента начала соответствующего снижения по конкретному региону или стране. Ранее такой принцип реализовывался при анализе экономических показателей. Однако такой подход для показателя энергоёмкости осуществляется впервые.

В работе рассматривается несколько различных вариантов расчета бета-конвергенции:

Вариант 1. Значения энергоёмкости регионов и стран берутся на одинаковом промежутке времени, при этом в уравнении в качестве зависимой переменной берется отношение начального (1980 г.) и текущего уровней энергоёмкости, а в качестве независимой – уровень энергоёмкости в 1980 г., показатели логарифмируются:

$$\ln\left(\frac{y_{i,2012}}{y_{i,1980}}\right)/T. \quad (5)$$

Вариант 2. Значения энергоёмкости экономики по каждому берутся с момента начала снижения энергоёмкости (t_{i0}), при этом в уравнении в качестве зависимой переменной рассматривается отношение начального (год снижения) и текущего уровня энергоёмкости, а в качестве независимой – уровень энергоёмкости в момент начала снижения этого показателя, показатели не логарифмируются:

$$\left(\frac{y_{i,2012}}{y_{i,t_{i0}}}\right)/T_i \quad (6)$$

Вариант 3. Значения энергоёмкости экономики по каждому региону берутся с момента начала снижения энергоёмкости (t_{i0}), при этом в уравнении в качестве зависимой переменной рассматривается – отношение начального (год снижения) и текущего

го уровня энергоемкости, а в качестве независимой – уровень энергоемкости в момент начала снижения этого показателя, показатели логарифмируются:

$$\ln\left(\frac{y_{i,2012}}{y_{i,t_{i0}}}\right)/T_i \quad (7)$$

Вариант 4. Значения энергоемкости экономики по каждому региону берутся с момента начала снижения энергоемкости (t_{i0}) при этом в уравнении в качестве зависимой переменной рассматривается скорость снижения v_2 – коэффициента интенсивности снижения энергоемкости экономики (IEIR), в качестве независимой – уровень энергоемкости в момент начала снижения этого показателя, показатели не логарифмируются:

$$\frac{v_2}{T_i} \quad (8)$$

Расчет бета-сходимости осуществлялся отдельно по 10 макрорегионам и 108 странам. Изначально анализ опирался в существенной степени на региональную специфику, а поскольку регионов всего 10, то для подтверждения установившихся связей также был проведен анализ отдельно по странам мира.

Бета-сходимость с дифференциацией по регионам. Анализ проведенных расчетов показал, что бета-сходимость по регионам присутствует. Однако традиционные подходы к бета-сходимости показывают не очень хорошие результаты – варианты 1 и 3 (табл. 1). По лучшему варианту (вариант 2) были определены скорость конвергенции, которая составила 3,9% в год, и время, необходимое для сокращения межрегионального неравенства по энергоемкости экономик в два раза, которое составило 13,9 лет.

Бета сходимость с дифференциацией по странам. В анализе наличия бета-конвергенции используются страны, которые перешли в стадию сокращения энергоемкости, то есть имеют однонаправленное движение в сторону сокращения, и не используются страны, которые имеют тенденцию к росту этого показателя. Это связано с тем, что исследуется гипотеза о том, что скорость снижения энергоемкости связана с начальным уровнем этого показателя, в результате осуществляется принцип

догоняющего развития в энергетике. Так, для подтверждения наличия бета-конвергенции было проанализировано 108 стран, по которым в настоящее время падение энергоёмкости наблюдается на протяжении более 5 лет.

Таблица 1

Оценка модели безусловной конвергенции для энергоёмкости экономик 10 регионов мира (уровень значимости 0,05)

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение
<i>Вариант 1</i>				
Константа	-0,041	0,006	-6,589	0,000
Логарифм энергоёмкости экономики в 1980 г.	-0,019	0,004	-4,804	0,001
Коэффициент детерминации 0,6977				
<i>Вариант 2</i>				
Константа	0,002	0,000	5,370	0,000
Уровень энергоёмкости экономики в год начала снижения этого показателя	-0,025	0,001	-19,016	0,000
Коэффициент детерминации 0,9717				
<i>Вариант 3</i>				
Константа	-0,048	0,012	-3,992	0,003
Логарифм энергоёмкости экономики в год начала снижения энергоёмкости	-0,028	0,008	-3,478	0,006
Коэффициент детерминации 0,5674				
<i>Вариант 4</i>				
Константа	-0,006	0,003	-2,322	0,041
Уровень энергоёмкости экономики в год начала снижения этого показателя	-0,063	0,009	-6,976	0,000
Коэффициент детерминации 0,1845				

Источник: рассчитано автором по данным International Energy Annual 2013 / Energy Information Administration. Office of Energy Markets and End Use. Washington. – 2013. – 456 p.; World Energy Outlook 2012 / International Energy Agency. – 2013. – 151 p.; Statistical Review of World Energy. – BP. – 2013. – 61 p.

Согласно проведенным оценкам конвергенции энергоёмкости экономик стран по трем вариантам, показано, что авторский подход к оценке сходимости имеет наилучшие результаты (табл. 2). По варианту 2 были определены скорость конвергенции, которая составила 6,6% в год, и время, необходимое для сокращения межстранового неравенства по энергоёмкости экономик в два раза, которое составило 10,5 лет.

Таблица 2

Оценка модели безусловной конвергенции для энергоёмкости экономик 108 стран мира (уровень значимости 0,05)

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение
<i>Вариант 1</i>				
Константа	-0,029	0,003	-9,652	0,000
Логарифм энергоёмкости экономики в 1980 г.	-0,010	0,001	-6,571	0,000
Коэффициент детерминации 0,2894				
<i>Вариант 2</i>				
Константа	0,003	0,001	5,361	0,000
Уровень энергоёмкости экономики в год начала снижения этого показателя	-0,038	0,002	-24,573	0,000
Коэффициент детерминации 0,8507				
<i>Вариант 3</i>				
Константа	-0,046	0,004	-10,286	0,000
Логарифм энергоёмкости экономики в год начала снижения энергоёмкости	-0,009	0,002	-3,718	0,000
Коэффициент детерминации 0,1154				

Источник: рассчитано автором по данным International Energy Annual 2013 / Energy Information Administration. Office of Energy Markets and End Use. Washington. – 2013. – 456 p.; World Energy Outlook 2012 / International Energy Agency. – 2013. – 151 p.; Statistical Review of World Energy//BP. – 2013. – 61 p.

Сходимость рядов энергопотребления на основе использования модели σ -конвергенции

Одновременно с бета-сходимостью в работе рассчитывалась сигма-сходимость энергоёмкости экономики по макрорегионам, показывающая сокращение разброса значений рассматриваемых временных трендов. Сигма-конвергенция определяется как уменьшение во времени вариации (неравенства, дифференциации) уровней энергоёмкости экономики регионов (рис. 2).

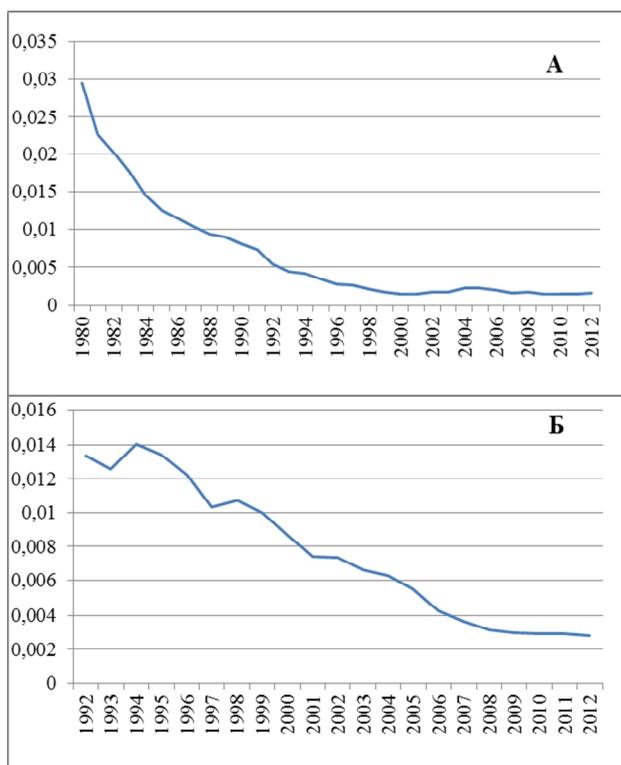


Рис. 2. Сигма-сходимость энергоёмкости экономики по регионам без стран бывшего СССР с 1980 г. (А) и по регионам со странами бывшего СССР с 1992 г. (Б).

Источник: рассчитано автором по данным International Energy Annual 2013 / Energy Information Administration. Office of Energy Markets and End Use. Washington. – 2013. – 456 p.; World Energy Outlook 2012 / International Energy Agency. – 2013. – 151 p.; Statistical Review of World Energy. – BP. – 2013. – 61 p.

Для проверки гипотезы о наличии сигма-конвергенции наиболее часто используются показатели вариации: дисперсия, среднее квадратическое отклонение или коэффициент вариации. В работе будет использован показатель дисперсии временных рядов энергоёмкости по регионам (Var):

$$Var = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n} \quad (9)$$

где y – энергоёмкость экономики регионов мира; \bar{y} – среднее значение энергоёмкости экономики регионов мира; n – количество значений в анализируемой совокупности данных.

Отдельно рассматривались регионы без стран бывшего СССР с 1980 г. и совместно со странами бывшего СССР – с 1992 г. Установлено наличие сигма-сходимости между энергоёмкостями экономики по макрорегионам мира: происходит перманентное сокращение дисперсии временных рядов энергоёмкости между регионами. Этот процесс происходит нелинейно. Необходимо отметить, что интенсивность сокращения вариации между временными рядами энергоёмкости регионов постепенно снижается, особенно на протяжении 2000-х годов.

Выводы

Классические подходы к определению сходимости динамики энергоёмкости ВВП показывали, что в долгосрочной перспективе отсутствует конвергенция между потреблением энергии на единицу ВВП. В работе предложен новый подход к определению конвергенции, который учитывает время начала долгосрочной динамики снижения энергоёмкости ВВП. Полученные эконометрические результаты более чем по 100 развивающимся и развитым странам мира подтверждает гипотезу о наличии сходимости между энергоёмкостями стран мира. Более то, показано, что существует прямая линейная связь между началом снижения энергоёмкости и скоростью ее последующего сокращения.

Установление наличия бета-конвергенции между странами и регионами является достаточно важным аспектом при прогнозировании динамики энергоёмкости на долгосрочную перспективу, поскольку позволяет анализировать интенсивность снижения энергоёмкости в зависимости от уровня начала осуществления

соответствующего процесса. Однако эта закономерность проявляется для стран, которые вступили в фазу активного снижения энергоемкости. В том случае, если страна продолжает наращивать этот показатель, то достаточно определить время начала его сокращения, чтобы понять, как быстро в дальнейшем страна или регион будет осуществлять стратегию догоняющего развития.

Установлено наличие сигма-сходимости между энергоемкостями экономики по макрорегионам мира: происходит перманентное сокращение дисперсии временных рядов энергоемкости между регионами. Этот процесс происходит нелинейно. Необходимо отметить, что интенсивность сокращения вариации между временными рядами энергоемкости регионов постепенно снижается, особенно на протяжении 2000-х годов.

Литература

1. **Эдер Л.В.** Прогноз мирового энергопотребления: методические подходы, сравнительные оценки // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. – № 6. – С. 47–54.
2. **Конторович А.Э., Эпов М.И., Эдер Л.В.** Долгосрочные и среднесрочные факторы и сценарии развития глобальной энергетической системы в XXI веке // Геология и геофизика. 2014. – Т. 55. № 5-6. – С. 689–700.
3. **Solow R.M.** A Contribution to the Theory of Economic Growth // Quarterly Journal of Economics. – 1956. – № 70. – P. 65–94.
4. **Sala-i-Martin X.X.** The classical approach to convergence analysis // Economic Journal. – 1996. – № 106. – P. 1019–1036.
5. **Зверев Д.В., Коломак Е.А.** Субфедеральная фискальная политика в России: межрегиональные различия и связи. – М.: МОНФ; СЦПЭИ, 2010. – 102 с.
6. **Факторы** экономического роста в регионах РФ / С. Дробышевский [и др.]. – М.: ИЭПП, 2005. – 278 с.
7. **Кириллова С.А., Кантор О.Г.** Региональное развитие и качество экономического пространства // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 3. – С. 57–80.
8. **Mulder P., De Groot H.L.F.** Sectoral energy- and labour-productivity convergence // Environmental and Resource Economics. – 2007. – № 36. – P. 85–112.
9. **Miketa A., Mulder P.** Energy productivity across developed and developing countries in 10 manufacturing sectors: patterns of growth and convergence // Energy Economics. – 2005. – № 27. – P. 429–453.

10. **Markandya A., Pedroso-Galinato S., Streimikiene D.** Energy intensity in transition economies: Is there convergence towards the EU average? // *Energy Econ.* – 2006. – № 28. – P. 121–145.
11. **Ortiz R.A., Bastianin A., Bigano A., Cattaneo C., Lanza A., Manera M., Markandya A., Plotegher M., Sferra F.** Energy Efficiency in Europe // *Trends, Convergence and Policy Effectiveness.* – 2009. – № 15763.
12. **Quah D.T.** Empirical cross-section dynamics in economic growth. // *European Economic Review.* – 1993. – № 37. – P. 426–434.