

## Оценка инноваций в экономике: влияние энергетических факторов на рост экономики

Научный руководитель – Палей Татьяна Феликсовна

Болур Э.<sup>1</sup>, Ермолаев К.А.<sup>2</sup>

1 - Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт управления, экономики и финансов, Общего менеджмента, Казань, Россия, *E-mail: ebolur@stud.kpfu.ru*; 2 - Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт вычислительной математики и информационных технологий, Казань, Россия, *E-mail: ermolaev.kirill.a@gmail.com*

В целом, теоретическая литература классифицирует связь между потреблением энергии и экономическим ростом по четырем категориям: гипотеза роста, гипотеза сохранения, гипотеза нейтральности и гипотеза обратной связи. Исследования в развитых экономиках предоставили эмпирические доказательства в поддержку гипотезы роста, которая утверждает, что потребление энергии играет решающую роль в экономическом развитии, дополняя вложения капитала и труда в производственный процесс. Таким образом, вклад потребления энергии в экономический рост является незаменимым [1], [2]. Доказательства, подтверждающие гипотезу роста, демонстрируются через увеличение потребления энергии, экономический рост и более высокий ВВП. В результате потребление энергии раскрывает важную информацию, которая влияет на изменение ВВП [3]. То, как волатильность основных энергетических товаров, представленных нефтью и природным газом, распространяется на рынке, имеет важное значение для инвестиционных портфелей и также будет влиять на функционирование рыночной экономики.[4]. Апергис и др.[1] исследует взаимосвязь между потреблением энергии и экономическим ростом для шести стран Центральной Америки за период 1980–2004 гг. в рамках многомерной структуры. Результаты причинности по Грейнджеру указывают на наличие как краткосрочной, так и долгосрочной причинности от потребления энергии к экономическому росту, что подтверждает гипотезу роста. Природный газ и экономический рост в Перу исследовали Базан и др.[5]. Тран и др.[6] исследуют пороговое влияние ВВП на причинно-следственную связь между ВВП и потреблением энергии (ЕС), используя панельные данные 26 стран ОЭСР за период 1971–2014 гг. Метод пороговой регрессии используется для изучения того, существует ли пороговое значение ВВП в отношении между ВВП и потреблением энергии, а процедура проверки причинности по Грейнджеру на основе панельного ВЭКМ применяется для проверки причинности по всем режимам ВВП. Эмпирические результаты подчеркивают существование порогового значения ВВП, при котором влияние ВВП на потребление энергии и направление причинности роста энергии зависят от начального значения ВВП. Когда реальный ВВП на душу населения меньше 48 170 долл. США, существует однонаправленная причинно-следственная связь от ЕС к ВВП как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Однако, когда ВВП превышает 48 170 долл. США на душу населения, причинно-следственная связь в краткосрочной перспективе отсутствует, но обнаруживается, что ВВП по Грейнджеру вызывает ЕС в долгосрочной перспективе. Результаты исследования настоятельно призывают политиков взять на себя инициативу по внедрению политики энергосбережения, когда экономика достигает определенных высоких уровней развития, и соответствующим образом менять энергетическую политику в различные периоды экономического роста, чтобы способствовать устойчивому развитию. Анализ совокупного влияния энергопотребления, индустриализации, роста валового внутреннего продукта (ВВП) и урбанизации на выбросы CO<sub>2</sub> в 23 развивающихся странах за период с 1995 по 2018 год, проведенный Сикдером и соавторами.[7].

В статье исследуется влияние доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергобалансе на экономический рост и энергоемкость ВВП. Для этого используются панельные данные по десяти странам, включая Бразилию, Россию, Индию, Китай, ЮАР, Иран, Аргентину, Египет, ОАЭ, Саудовскую Аравию за период 1991–2022 гг. Полученные результаты позволили подтвердить выдвинутые гипотезы: увеличение доли ВИЭ в конечном энергопотреблении оказывает положительное влияние на ВВП, способствуя устойчивому экономическому развитию. Кроме того, страны с более высокой долей ВИЭ демонстрируют более низкую энергоемкость ВВП, что указывает на повышение эффективности использования энергоресурсов. Это подтверждает важность инвестиций в возобновляемую энергетику как инструмента повышения экономической устойчивости и энергетической эффективности. Результаты исследования могут быть полезны для разработки национальных и международных стратегий по переходу к низкоуглеродной экономике.

В данной работе исследуется влияние возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на экономическое развитие. Основное внимание уделяется двум гипотезам:

- **H1:** Рост доли возобновляемой энергии в общем конечном энергопотреблении положительно влияет на ВВП, снижая зависимость от ископаемого топлива.
- **H2:** В странах с более высокой долей возобновляемых источников энергии в энергобалансе энергоемкость ВВП ниже.

Для проверки гипотез используется панельный набор данных по десяти странам (Бразилия, Россия, Индия, Китай, ЮАР, Иран, Аргентина, Египет, ОАЭ, Саудовская Аравия) за период 1991–2022 гг. Источниками данных являются международные базы (World Bank, IEA) и национальные статистические агентства. Зависимые переменные Для H1: ВВП на душу населения и Для H2: Энергоемкость ВВП.

**Основная объясняющая переменная:** Доля возобновляемых источников энергии в общем конечном энергопотреблении и Для учета возможных скрытых факторов, влияющих на зависимые переменные, включены:

- **Экономические факторы:** Численность населения; Инвестиции в энергетику с частным участием; Инфляция;
- **Энергетические факторы:** Первичное энергопотребление на душу населения; Общий объем производства энергии; Потребление электроэнергии;
- **Экологические факторы:** Выбросы CO<sub>2</sub> от топливного потребления.

Для тестирования гипотез используется панельный регрессионный анализ с учетом фиксированных и случайных эффектов.

**Модель для H1:**

$$GDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 RE_{it} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it}$$

где:  $GDP_{it}$  – ВВП на душу населения страны  $i$  в год  $t$ ;  $RE_{it}$  – доля ВИЭ в конечном энергопотреблении;  $X_{it}$  – вектор контрольных переменных;  $\mu_i$  – страновые фиксированные эффекты;  $\epsilon_{it}$  – случайная ошибка.

**Модель для H2:**

$$EnergyIntensity_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 RE_{it} + \gamma_2 X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it}$$

где:  $EnergyIntensity_{it}$  – энергоемкость ВВП;  $RE_{it}$  – доля ВИЭ;  $X_{it}$  – контрольные переменные.

**Методология оценки**

- 1) **Оценка модели методом наименьших квадратов (Pooled OLS):** первичный анализ зависимости без учета индивидуальных эффектов стран.

- 2) **Фиксированные и случайные эффекты (FE/RE):** тест Хаусмана используется для выбора оптимальной модели.
- 3) **Обобщенный метод моментов (GMM):** если есть обратная причинность (например, ВВП сам влияет на развитие ВИЭ), используются лаги переменных как инструменты.
- 4) **Тесты на коинтеграцию:** для проверки долгосрочных связей между переменными.
- 5) **Проверки на устойчивость (robustness checks):** включение различных подмножеств стран и изменение периода анализа.

Таким образом, использование комплексного подхода позволяет оценить влияние ВИЭ на экономическое развитие и энергоёмкость ВВП с учетом возможных источников смещения оценок.

### Источники и литература

- 1) N. Apergis and J. E. Payne, “Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model,” *Energy Econ.*, vol. 31, no. 2, pp. 211–216, Mar. 2009, doi: 10.1016/J.ENERGY.2008.09.002.
- 2) B. Lin and X. Liu, “Dilemma between economic development and energy conservation: Energy rebound effect in China,” *Energy*, vol. 45, no. 1, pp. 867–873, Sep. 2012, doi: 10.1016/J.ENERGY.2012.06.077.
- 3) F. Lu, F. Ma, and S. Hu, “Does energy consumption play a key role? Re-evaluating the energy consumption-economic growth nexus from GDP growth rates forecasting,” *Energy Econ.*, vol. 129, p. 107268, Jan. 2024, doi: 10.1016/J.ENERGY.2023.107268.
- 4) X. Gong, Y. Liu, and X. Wang, “Dynamic volatility spillovers across oil and natural gas futures markets based on a time-varying spillover method,” *Int. Rev. Financ. Anal.*, vol. 76, p. 101790, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.IRFA.2021.101790.
- 5) C. E. Bazán Navarro, V. J. Álvarez-Quiroz, J. D. Morocho Ruiz, J. F. Castillo Alvarado, and R. Herrera Silva, “Natural gas, trade openness and economic growth in Peru: 1965–2022,” *Energy Strateg. Rev.*, vol. 53, p. 101428, May 2024, doi: 10.1016/J.ESR.2024.101428.
- 6) B. L. Tran, C. C. Chen, and W. C. Tseng, “Causality between energy consumption and economic growth in the presence of GDP threshold effect: Evidence from OECD countries,” *Energy*, vol. 251, p. 123902, Jul. 2022, doi: 10.1016/J.ENERGY.2022.123902.
- 7) M. Sikder et al., “The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO2 emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach,” *Sci. Total Environ.*, vol. 837, p. 155795, Sep. 2022, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2022.155795.